

应急通信指挥

——技术、系统与应用

◎ 陈山枝 郑林会 毛旭 陈琦 编著

现代通信网实用丛书

应急通信指挥

——技术、系统与应用

陈山枝 郑林会 毛旭 陈琦 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

应急通信指挥是实现及时有效地应对突发事件的关键技术之一。未来的应急通信指挥技术与系统将从信息采集、信息传递、信息处理以及指令下达与执行等多个不同层面提升应急能力,实现跨异构应急通信网络、跨异构应急指挥系统与平台的互连互通,保障政府应急处置部门之间、政府应急处置部门与非政府组织之间的高效协同。

本书从宏观角度,强调技术原理层面,研究应急通信指挥技术、系统与应用,包括相关概念、应用需求、系统原理与参考模型、信息通信技术、应急通信组网与现场信息采集、指挥系统与平台、互连互通技术、趋势及展望等内容,旨在指导未来的应急通信指挥系统研究与建设,提高应急通信指挥效能,力求科学性、系统性、实用性相结合。

本书既可供公安、武警、消防等政府部门的应急管理与处置人员阅读参考,也可作为高等院校和研究院所的高年级大学生和研究生的参考书,还可作为研发应急通信指挥系统的工程技术人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

应急通信指挥——技术、系统与应用 / 陈山枝等编著. —北京: 电子工业出版社, 2013.6

ISBN 978-7-121-20565-1

I. ①应… II. ①陈… III. ①应急通信系统—指挥 IV. ①TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 116514 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 宋 梅

印 刷: 北河市鑫马印装有限公司

装 订: 北河市鑫马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 12.5 字数: 280 千字

印 次: 2013 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

序

应急通信是管理学、社会学、信息学等多学科交叉的综合性学科。当前突发事件给社会发展和公共安全带来了严峻挑战，对政府应急处置部门和公众的应急能力提出了更加迫切的时效性要求，也为应急通信技术和学科的发展提出了新的课题。

应急通信技术的发展首先表现在应急指挥能力上，在一定意义上，应急指挥能力是一个国家或者一个地区管理能力的标志。如何提升应急通信指挥能力，涉及技术、安全、管理、法规等方方面面。单从技术角度就涉及许多传统和新兴的信息通信技术。目前，应急通信指挥中仍存在若干科学方法及技术问题亟待深入研究与解决。

在已出版的应急相关书籍中，将应急通信与应急指挥相结合的系统性技术论述还不多。本书着重阐述应急通信指挥系统，并结合近期最新案例（2013 年美国波士顿爆炸事件和中国雅安地震）介绍了当前在应急通信指挥中需要解决的问题和新技术的应用，包括移动互联网的即时通信与社交媒体（微信、微博、应急 APP 等）、物联网、异构应急通信系统间的互连互通、政府组织之间以及政府组织与非政府组织之间的指挥协同等。

本书是作者及其团队多年来研发实践和应用推广的体会和心得，以及所承担国家自然科学基金项目、国家 CNGI 示范工程等相关国家科研项目研究成果的总结和提炼。全书以应急通信指挥系统的原理和参考模型为主线，系统地展示了应急通信指挥系统与应用的现状及发展前景，基于适时、适用、适度的原则，分析与比较了不同技术和系统在不同应急场景下的应急通信指挥中的应用。全书逻辑性强、概念清晰、深入浅出，内容全面且具有前瞻性，本书可供从事应急通信指挥系统研究和开发的技术人员借鉴，对于组织和应用应急通信的管理人员也有参考价值。

中国工程院院士



前 言

应急通信指挥以通信为先行，以信息为支撑，以指挥为核心，是保证人们科学应对突发事件的关键。提升应急通信指挥能力，涉及技术、安全、管理、法规等方方面面。未来的应急通信指挥技术与系统不再局限于对传统特定技术或系统的应用，其集成应用趋于复杂和多样，亟待对其中的各种关键要素进行梳理、分析和抽象，建立一种应急通信指挥系统的参考模型和技术体系。

本书系统性阐述了应急通信指挥技术、系统与应用，可以概括为 5 个部分，共 9 章。

应急通信指挥综述及其系统参考模型：这一部分由第 1 章和第 2 章构成。

第 1 章（综述）阐述应急通信指挥的相关概念与应用需求，介绍全球应急通信指挥的发展现状。

第 2 章（应急通信指挥系统的原理与参考模型）阐述应急通信指挥系统的应用特点与原理，提出一种系统参考模型。围绕该参考模型，从不同侧面阐述系统的网络、业务、终端、管理、安全、法规等多个方面的关键要素。该模型对指导深入研究应急通信指挥系统的技术体系具有重要意义。

应急通信指挥技术及应用：这一部分由第 3、4、5 章构成。

第 3 章（应急通信指挥的传统技术与应用）介绍适用于应急通信指挥的传统信息通信技术，如卫星通信、集群通信、短波通信、微波通信、遥感技术、计算机电话集成技术等，包括技术原理概述及其在应急通信指挥中的应用、不足及改进方向。

第 4 章（应急通信指挥的新技术与应用）介绍能够弥补传统技术的不足并满足应急通信指挥新需求的信息通信新技术，如无线通信新技术、无线自组织网络和无线传感网络技术、网络生存性和抗毁路由技术、物联网和移动互联网技术、无线定位技术、云计算和智能信息处理技术等，包括技术原理概述及其在应急通信指挥中的应用和面临的挑战。

第 5 章（应急通信组网与现场信息采集）从现场应急处置中的作用和覆盖范围角度，阐述了应急通信的三种主要组网方式：广域中继组网、现场区域中继组网及现场接入组网。针对突发事件的现场应用场景以及事态发展的不同时间阶段，指出对多种信息通信技术的适时、适用、适度的综合应用。本章首先对不同通信与网络技术在三种组网方式中的应用进行分析和比较；进而研究在典型应急场景下如何综合应用某些通信与网络技术，并构建有效的应急通信与指挥网络；最后阐述现场信息采集，主要包括数据信息、音频信息、图片图像视频信息和目标定位，以及数据融合四种类型。

应急通信指挥系统与平台：这一部分由第 6 章和第 7 章构成。

第 6 章（应急指挥系统的原理与功能结构）介绍应急指挥系统的技术原理，包括应急指挥技术以及应急指挥的关键过程、系统功能结构和物理实现载体等。简要介绍了各子系统的技术、功能与应用。

第7章（应急指挥平台与应用）在第6章的基础上，介绍应急指挥平台体系，并分别阐述固定应急指挥平台、机动应急指挥平台和单兵应急系统。

应急通信指挥的异构互连互通技术：这一部分由第8章构成。

第8章（应急通信指挥中的异构互连互通技术）介绍应急通信网络在终端、系统、业务以及运营商四个方面的异构性特征，分别重点阐述异构网络、异构业务与终端、异构公网的互连互通技术原理及典型应用。同时，阐述应急指挥业务的异构性，并介绍应急协同指挥技术。

应急通信指挥的发展趋势与展望：这一部分由第9章构成。

第9章（应急通信指挥的需求、挑战与发展展望）分析在信息通信新技术推动下应急通信指挥的新需求与发展趋势，指出当前应急通信指挥面临的挑战，并针对这些需求和挑战阐述应急通信指挥的发展展望。

在已出版的有关应急通信的相关书籍中，技术专著少，且偏重应急通信技术，缺少应急通信与应急指挥相结合的系统论述。本书是目前国内外首部阐述应急通信指挥系统的技术专著。全书从宏观技术角度，首次提出了应急通信指挥系统的原理和参考模型，并以此为主线，介绍和分析有关的信息通信技术原理与应用、异构互连互通技术、应急通信组网与现场信息采集、指挥系统与平台、发展趋势与展望等内容。本书揭示了应急通信指挥系统的内在规律，包括一般性原理和特殊性应用，即应急通信指挥系统的参考模型和针对不同应急场景、不同信息通信技术的适时、适用、适度的综合应用。全书力求概念清晰、逻辑清楚、语言精练，内容广泛并具有一定的前瞻性，为读者系统地展示应急通信指挥技术、系统与应用的现状与趋势。应急通信涉及的信息通信技术很多，由于篇幅受限，本书只是简要介绍了相关的技术原理，分析了其在应急通信中的应用、不足与挑战。如果读者需要更深入了解与学习具体技术细节，请参考相关的信息通信技术专著。

在本书的撰写过程中，感谢工业和信息化部电信研究院通信标准研究所的张雪丽、黄颖，电信科学技术第一研究所的马君、仲永钦、秦方、徐晓书、刘钧儒、金晓坤、钟卫强、童梅，大唐高鸿数据网络技术股份有限公司的江霞，北京邮电大学的胡博、李昕、金晶、赵宜生等同志提供的部分素材。感谢大唐电信科技产业控股有限公司的刘清涛、鞠秀芳、王彤、王辉，陕西佳圣通讯科技有限公司的魏忠和，对本书提出的宝贵修改意见。在此，还要衷心感谢我国著名通信专家、中国工程院副院长邬贺铨院士为本书作序。从电子工业出版社宋梅编辑约稿到完成书稿历经一年多时间，期间不断修修改改，感谢她的鼓励和耐心，以及为本书出版所做的大量细致的工作。

由于作者水平所限，加之信息通信技术发展快，应急通信指挥技术涉及面广，书中难免存在不足之处，恳请同行和读者指正。

作 者
2013年5月

目 录

第 1 章 综述	1
本章导读	2
1.1 应急通信指挥的相关概念	2
1.1.1 突发事件	2
1.1.2 应急通信指挥	4
1.1.3 应急通信	4
1.1.4 应急指挥	6
1.1.5 应急联动	7
1.2 应急通信指挥的应用需求	7
1.2.1 应急通信指挥的应用需求特征	7
1.2.2 应急通信指挥的不同维度应用需求	8
1.3 应急通信指挥的发展现状	10
1.3.1 应急通信的标准化现状	10
1.3.2 应急通信指挥的发展现状	12
1.4 本书主要内容及章节结构	14
参考文献	14
第 2 章 应急通信指挥系统的原理与参考模型	17
本章导读	18
2.1 应急通信指挥系统的应用特点	18
2.2 应急通信指挥系统的原理	19
2.3 应急通信指挥系统的参考模型	21
2.3.1 设施平面	22
2.3.2 能力平面	27
2.3.3 保障平面	28
参考文献	29
第 3 章 应急通信指挥的传统技术与应用	31
本章导读	32
3.1 公众通信网技术	32
3.1.1 概述	32

3.1.2 公众通信网技术在应急通信指挥中的应用	33
3.2 卫星通信技术	36
3.2.1 概述	36
3.2.2 卫星通信技术在应急通信指挥中的应用	38
3.3 集群通信技术	41
3.3.1 概述	41
3.3.2 集群通信技术在应急通信指挥中的应用	43
3.4 短波通信技术	45
3.4.1 概述	45
3.4.2 短波通信技术在应急通信指挥中的应用	46
3.5 微波通信技术	48
3.5.1 概述	48
3.5.2 微波通信技术在应急通信指挥中的应用	49
3.6 遥感技术	50
3.6.1 概述	50
3.6.2 遥感技术在应急通信指挥中的应用	54
3.7 计算机电话集成技术	55
3.7.1 智能电话路由排队技术	56
3.7.2 交互式语音应答技术	57
3.7.3 语音录音技术	57
3.7.4 CTI 技术在应急通信指挥系统中的应用	57
参考文献	60
第 4 章 应急通信指挥的新技术与应用	61
本章导读	62
4.1 无线通信新技术	62
4.1.1 宽带无线移动通信技术	62
4.1.2 认知无线电技术	65
4.1.3 协同通信技术	67
4.1.4 无线通信新技术在应急通信指挥中的应用	68
4.2 无线自组织网络和无线传感网络技术	71
4.2.1 自组织网络技术	71
4.2.2 无线自组织网络技术	73
4.2.3 无线传感网络技术	74
4.2.4 无线自组织网络和无线传感网络技术在应急通信指挥中的应用	74

4.3	网络生存性和抗毁路由技术	76
4.3.1	网络生存性	76
4.3.2	抗毁路由技术	77
4.3.3	网络生存性和抗毁路由技术在应急通信指挥中的应用	78
4.4	物联网和移动互联网技术	79
4.4.1	物联网技术	79
4.4.2	移动互联网技术	81
4.4.3	物联网和移动互联网技术在应急通信指挥中的应用	82
4.5	无线定位技术	83
4.5.1	卫星定位技术	83
4.5.2	地面无线定位技术	85
4.5.3	无线定位技术在应急通信指挥中的应用	86
4.6	云计算和智能信息处理技术	88
4.6.1	云计算技术	88
4.6.2	智能信息处理技术	89
4.6.3	云计算和智能处理技术在应急通信指挥中的应用	90
	参考文献	92
第 5 章	应急通信组网与现场信息采集	93
	本章导读	94
5.1	应急通信的组网方式	94
5.1.1	概述	94
5.1.2	应急通信的广域中继组网	98
5.1.3	应急通信的现场区域中继组网	99
5.1.4	应急通信的现场接入组网	101
5.2	现场信息采集	102
5.2.1	数据采集	102
5.2.2	音频采集	104
5.2.3	图片 / 图像 / 视频采集	105
5.2.4	目标定位	106
5.2.5	数据融合	106
	参考文献	107
第 6 章	应急指挥系统的原理与功能结构	109
	本章导读	110

6.1	概述	110
6.1.1	应急指挥技术	110
6.1.2	应急指挥的关键过程	113
6.1.3	应急指挥的系统功能结构	117
6.1.4	应急指挥的物理实现：应急指挥平台	119
6.2	应急指挥的基础支撑系统	119
6.2.1	视频会议子系统	119
6.2.2	显示子系统	120
6.2.3	音响子系统	120
6.2.4	计算子系统	121
6.2.5	存储子系统	122
6.2.6	数据库子系统	122
6.3	应急指挥的决策支持系统	123
6.3.1	GIS 辅助决策子系统	123
6.3.2	智能视频分析子系统	124
6.3.3	专家子系统	125
6.4	应急指挥的综合应用系统	126
6.4.1	接警与信息發布子系统	126
6.4.2	指挥调度子系统	126
6.4.3	预警预测子系统	127
6.4.4	智能辅助方案子系统	127
6.5	应急指挥的管理与安全保障系统	127
6.6	应急指挥的模拟演练与评估系统	128
	参考文献	129
第 7 章	应急指挥平台与应用	131
	本章导读	132
7.1	应急指挥平台体系	132
7.2	固定应急指挥平台	133
7.2.1	概述	133
7.2.2	结构与布局	134
7.2.3	功能系统	137
7.3	机动应急指挥平台	139
7.3.1	概述	139
7.3.2	结构与布局	139

7.3.3 功能系统	140
7.4 单兵应急系统	142
7.4.1 概述	142
7.4.2 功能模块	142
7.4.3 新技术应用展望	143
参考文献	144
第 8 章 应急通信指挥中的异构互连互通技术	145
本章导读	146
8.1 概述	146
8.2 应急通信网络的异构互连互通技术	147
8.2.1 基本原理	147
8.2.2 数据网关	149
8.2.3 信令网关	151
8.3 应急通信指挥业务与终端的异构互连互通技术	154
8.4 公网的异构互连互通技术	159
8.5 应急协同指挥技术	160
参考文献	161
第 9 章 应急通信指挥的需求、挑战与发展展望	163
本章导读	164
9.1 应急通信指挥的需求与发展趋势	164
9.2 应急通信指挥面临的挑战	165
9.3 应急通信指挥系统的发展展望	168
参考文献	171
附录 A 缩略语	173
附录 B 标准和中国法规	181
B1 ITU 应急通信标准	182
B2 ETSI 应急通信标准	183
B3 IETF 应急通信标准	183
B4 ATIS 应急通信标准	183
B5 中国应急通信标准	184
B6 中国应急相关法规	184
后记	185



第1章 综 述

本章要点

- 应急通信指挥的相关概念
- 应急通信指挥的应用需求
- 应急通信指挥的发展现状
- 本书主要内容及章节结构



本章导读

本章首先阐述应急通信指挥的相关概念，包括突发事件、应急通信指挥、应急通信、应急指挥和应急联动；进而介绍应急通信指挥的应用需求特征，并从时间、地域、关系以及业务四个维度分别阐述应急通信指挥的不同应用需求；其次简要介绍国内外主要标准化组织关于应急通信的标准化研究现状以及美国、欧洲、日本、中国等国家和地区的应急通信指挥体系与系统的发展现状；最后介绍本书的主要内容、章节结构及相互关系。

1.1 应急通信指挥的相关概念

1.1.1 突发事件

突发事件是指突然发生，造成或者可能造成严重社会危害，如人员伤亡、财产损失、生态环境破坏等，需要采取应急处置^①措施予以应对的紧急事件或灾难。历史经验表明，突发事件通常源于自然或者人为因素，但在发生的时间、地域、事件类型、影响程度等方面往往难以预测。

根据突发事件的发生过程、性质和机理，国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）的电信标准部（ITU Telecommunication Standardization Sector, ITU-T）定义的自然或人为因素引起的突发事件类型如表 1-1 所示。

表 1-1 ITU-T 定义的自然或人为因素引起的突发事件类型^[1]

自然因素	人为因素
雪崩	纵火
干旱	化学泄漏
地震	工业或国家体系崩溃
流行病	爆炸
山洪爆发	火灾
饥荒	气体泄漏
洪水	核爆炸
森林火灾	管道破裂
雷击	飞行器坠落/紧急迫降

① 如无特殊说明，书中“应急处置”特指政府应急部门和人员的应急活动，不包括非政府组织志愿者的相关活动。

续表

自 然 因 素	人 为 因 素
飓风	投毒
泥石流	放射污染
严寒、雪灾、冰雹或炎热	船只碰撞/翻覆
海潮	(畜牧) 惊跑
龙卷风	地铁碰撞/出轨
海啸	恐怖袭击
台风	火车碰撞/出轨
火山爆发	由水引起的事故
风暴	

此外，ITU 的无线电通信部（ITU Radiocommunication Sector，ITU-R）还提出了公共保护与抢险救灾（Public Protection and Disaster Relief，PPDR）的概念，简称公共安全^[2]。在 ITU-T 关于自然或人为因素引起的突发事件类型基础上，PPDR 将突发事件分成四类：自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件。在《中华人民共和国突发事件应对法》^[3]中，沿用了 PPDR 关于突发事件的分类方法。

近年来，突发事件爆发频繁，且呈现出性质复杂、持续时间长、影响范围大的趋势，对正常的经济与社会生活带来巨大冲击，甚至导致公共危机，影响社会稳定。在全球范围内影响较大的突发事件，例如：

美国“9.11”恐怖袭击，是人类历史上至今为止最严重的恐怖袭击事件。美国东部时间 2001 年 9 月 11 日 8 时 40 分，19 名恐怖分子劫持 4 架民航客机撞击美国纽约世界贸易中心和华盛顿五角大楼，导致建筑等财产直接损失达 340 亿美元，近 3 000 人罹难。

中国“5.12”汶川大地震，是新中国成立以来破坏性最强、波及范围最大的一次地震。北京时间 2008 年 5 月 12 日 14 时 28 分，中国四川省汶川、北川境内，8 级强震猝然袭来，波及四川、陕西、甘肃、重庆等多个省市，造成直接经济损失达 8 452 亿元人民币，伤亡数十万人。

日本“3.11”地震，是 1900 年以来全球第五强震，也是日本地震记录史上震级最高的一次，并引发海啸和核泄漏事故。北京时间 2011 年 3 月 11 日 13 时 46 分，日本东北部海域发生里氏 9.0 级地震并引发海啸。受强震影响，福岛第一核电站一、三、二、四号机组相继发生爆炸，释放出放射性物质，并随污水和降雨流入太平洋，导致日本及沿岸一些国家相继被核污染，给日本造成的直接经济损失近 2 万亿元人民币。

可见，突发事件已成为影响社会稳定、制约社会发展的重要因素之一。因此，及时有效地应对突发事件是当前各国政府应急管理的首要目标。

1.1.2 应急通信指挥

目前，应急通信保障和应急指挥是及时有效地应对突发事件的两大关键技术。首先，由于突发事件在发生时间、地域、事件类型、影响程度等方面的难以预测性，可能导致通信拥塞或者基础设施损毁，无法实现及时、可靠的现场信息互通。其次，由于应急处置人员（如指挥人员、专业人员等）受地理、生理等条件的限制，对现场信息掌握不及时、不全面，而且以感性认识、经验判断、人为决策为主的应急指挥效率有待提高。再者，由于管理体制问题，存在多部门垂直指挥，难以实现横向的协同指挥。因此，在应对复杂庞大、瞬息万变、高度敏感的现场事态时，如何实现具有时效性的应急通信指挥系统，可以借鉴“军事通信指挥”的思想^[4]，如典型的军事指挥控制技术与系统等。

资料专栏	应急处置人员
<p>应急处置人员主要包括指挥人员、专业人员两类，通常属于不同权限和职责的应急处置部门。</p> <ul style="list-style-type: none">● 指挥人员：一级指挥人员，具有最高指挥权限；二级、三级等等级的指挥人员，根据职责具有相应的指挥权限。● 专家：涉及自然灾害、事故灾难、公共卫生、社会安全、综合管理等领域的专家，为应急处置提供决策建议、专业咨询、理论指导和技术支持。● 现场应急处置人员：包括接警员、单兵等，根据不同突发事件，会涉及军队、武警、公安、消防，也会涉及各种类专业人员，如医疗卫生、地震救援、海上搜救、矿山救护、森林消防、防洪抢险、核与辐射、环境监控、危险化学品事故救援、铁路事故、民航事故、基础信息网络和重要信息系统事故处置。● 后勤工程支撑人员：如水、电、油、气等工程抢险的人员，为现场救援“进得去、运得出、能生存”提供技术支撑和装备保障。	

应急通信指挥（Emergency Communication and Command，ECC）技术通过民众告警或实时的现场信息采集、快速可靠的信息通信与互通，以及智能协同的决策形成与执行，实现对突发事件及时有效的应急处置，保障社会的平安、稳定、有序，保障人民的生命、财产安全。可见，应急通信指挥是一个跨学科、跨领域的技术综合应用，涉及计算机技术、通信技术、指挥与控制技术、智能决策技术、社会和管理学、地理学等。

总之，应急通信指挥以通信为先行，以信息为支撑，以指挥为核心，涉及技术、安全、管理、法规等方方面面。而研究应急通信指挥技术、系统与应用，对于解决应急通信指挥中当前存在的现场信息采集与实时传输、异构互连互通、智能化协同应急指挥等技术难题，提高应急处置部门的应急通信指挥能力，具有重要意义。

1.1.3 应急通信

应急通信（Emergence Communication，EC）是为保障人们应对突发事件而提供了一种暂时、快速响应的特殊通信机制。应急通信是应对突发事件必须首先解决的问题，目标是尽可能满足突发事件下政府应急处置人员以及公众的不同应急通信需求，但现实

中实现这一目标通常挑战巨大。

根据突发事件下不同用户及其通信需求，应急通信的分类^[5]可以概括为以下两大类、四个方面，如表 1-2 所示。

表 1-2 应急通信的分类

发 起 用 户	应急通信的分类
公众	① 公众对政府：实现报警 ② 公众对公众：实现自救、慰问、报平安
政府（应急处置人员包括指挥人员、专业人员等）	③ 政府对政府：实现处警或处置，包括资源调配、协调控制等 ④ 政府对公众：实现信息发布，包括预测预报、监测预警、自救指导、事件进展通报、安抚等

其中，分类①、②、④属于基于公众通信网（下文简称“公网”，主要包括公众电话交换网、公众移动通信网、互联网等技术手段）的通信系统应急保障。分类③属于基于专用通信网（下文简称“专网”^①，主要包括卫星通信、集群通信等技术手段）的应急通信保障，是政府的应急处置部门（如公安、交警、消防、急救等）事先建设的或在应急现场（下文简称为“现场”）临时组建的通信网。

公网由于面向公众用户，出于经济成本考虑，其抗灾和容灾能力相对滞后。而专网由于专用性强，且能够独立于公网存在，具有较强的应用自主性。因此，根据不同的应用场景及不同用户对应急通信的需求，在大多数情况下，专网应急通信系统是政府部门和应急处置人员的主要指挥通信手段；而公网的通信系统应急保障作为应急处置人员的一种辅助通信手段，但对涉及突发事件的公众而言仍是最主要的应急通信手段。

现实中，出于经济性、时效性的折中，应急通信通常需要专网与公网的互补协同实现。基于公网、专网、公网与专网协同的三种应急通信方案比较如表 1-3 所示。

表 1-3 基于公网、专网、公网与专网协同的三种应急通信方案比较

性能 \ 应急通信方案	公网	专网	公网与专网协同
应急处置部门的管理自主性	差	优	中
建设与维护的总成本	低	高	中
抗毁能力	差	强	中
应急通信保障能力	弱	强	中
复杂度	中	低	高
综合比较	较弱	中	相对优

① 本书下文中，为简便起见，“专网”特指“应急通信专网”，而非广义上的“专网”。

关于上述分类，美国规定得比较明确^[2]：①、②、④由美国联邦通讯委员会（Federal Communications Commission，FCC）负责，③由国土安全部负责。而在中国，①、②、④由工业和信息化部负责，③目前由相关部门负责，国务院是突发事件应急管理工作的最高行政领导机构。

资料专栏	应急处置部门 职责 角色
<p>由政府的不同应急处置部门承担相应的应急职责，常见如下</p> <ul style="list-style-type: none">● 公安部门：承担协调处置重大案件、治安事故和骚乱，指挥防范、打击恐怖活动等职责● 交警部门：承担道路交通事故处置、交通秩序恢复等职责● 消防部门：承担火灾预防、扑救、消防应急抢险救援等职责● 急救部门：承担对突发急性传染病防控，对重大灾害、恐怖、中毒事件及核事故、辐射事故等实施紧急医学救援等职责● 水电气等公用事业部门：为上述专业的抢险救援等部门承担相应后勤保障的职责● 通信部门：承担应急通信及其他重要通信保障，网络安全应急管理和处置等职责 <p>上述应急处置部门的角色可能是主导或者联动单元之一，与国家或者城市应对突发事件的总体指导思想、组织形式、处警模式（如集权式、授权式、代理式、协同式等）等因素密切相关</p> <p>不同的应急处置部门由政府已成立的最高指挥部门或者在现场临时设立的一线指挥部进行统一协调指挥</p>	

1.1.4 应急指挥

应急指挥泛指为应对突发事件，由上级应急处置部门领导下级及指导公众进行的相关应急处置活动。应急指挥依据应急管理法规，通过对突发事件的信息采集、传输、分析、处理，形成指挥决策，通过下达指挥指令，实现资源调配、协调、信息发布等指挥应用。

可见，应急指挥的实施主要取决于两方面的因素：应急处置法规和指挥技术。应急处置法规明确上、下级之间应急指挥活动的权责、资源、流程等，是应急指挥实施的必要前提。另外，应急处置法规通常具有国家或者行业特色，如美国的“国家安全应急准备计划”、中国的“中华人民共和国突发事件应对法”等。应急指挥技术是一种特殊的指挥与控制技术，是为应对突发事件，保障社会的平安、稳定、有序，保障人民的生命、财产安全，在快速获取和综合分析相关信息的基础上，形成决策，如应急处置行动方案等，并对人力、物力等资源以及相关应急处置行动实施计划组织与协调控制的一种技术。（应急指挥技术详见第 6 章“应急指挥系统的原理与功能结构”）。

资料专栏	应急装备和物资
<ul style="list-style-type: none">● 基本生活物资：水、食品、衣物、住所等● 医疗卫生物资：药品、医疗器械等● 装备物资：监测装备、通信装备、救援装备、防控装备和结构抗灾装备等● 交通运输物资：车、船、飞机等● 智能化机动式应急救灾安置综合体：集应急临时安置场所、通信网络、监测监控网络、预警网络、指挥与控制系统，以及各种生活保障系统等于一体，能够提供类似社区化的服务，并能够与上级应急指挥平台进行通信	

由于应急指挥是及时有效地应对突发事件的关键，必须优先保障应急指挥信息的及时、可靠、有效的通信以及互连互通，应急指挥业务是应急通信要优先保障的通信业务。

1.1.5 应急联动

应急联动是一种特殊的应急指挥机制，是多个应急处置部门（如公安、交警、消防、急救等）向公众提供紧急救助的联合行动。

应急联动的核心是“联动指挥”^[6]，即从制度上和平台上实现跨部门、跨区域之间的联动响应、联合行动、统一指挥，处理各种突发事件。例如，过去，中国各城市存在多个公众报警特服号码，如公安 110、火警 119、急救 120、交警 122 等，市民难以准确记忆，且许多情况下，是单一部门难以独立处置的。现在，中国各城市已建成或正在建设的城市应急联动系统（City Emergency Response System, CERS），一是将不同报警与求助的特服号统一；二是建设统一的城市应急指挥系统，实现了不同部门、不同警种、不同警区之间互通与协调配合。对公众统一接警，视报警情况，可分别指挥警察、消防、急救等力量，进行紧急处置或联合行动处置。城市应急联动业务流程一般包括报警、接警、预警、处警、处置、撤警、总结七个环节。

在应急联动的技术实现上，表现为应急通信的互连互通以及应急指挥的协同。

1.2 应急通信指挥的应用需求

1.2.1 应急通信指挥的应用需求特征

针对突发事件在发生的时间、地域、事件类型、影响程度等方面的难以预测性，应急通信指挥具有以下几个应用需求特征。

（1）不确定性

不确定性包括时间不确定性、地点不确定性、容量需求不确定性几个方面，由于发生突发事件的时间不确定，事先无法预计。

（2）矛盾性

一是在要求反应时间快速与掌握现场信息全面、准确之间存在矛盾性；二是在专网的公益性和经济性之间存在矛盾性，不可能建设一个大而全的专网应急通信系统；三是公网提供通信系统的应急保障，在公益性和商业性之间存在矛盾性，不可以完全依赖公网进行应急处置。

可见，必须妥善处理好公网与专网的关系，实现二者高效的综合互补应用以及平衡协调发展。

(3) 时效性

应急网络应快速部署和开通，便于及时响应、有效互通，避免现场存在“信息孤岛”。

1.2.2 应急通信指挥的不同维度应用需求

应急通信指挥的指挥调度、资源调配、应急联动、信息发布、决策支持等指挥应用，在时间、地域、关系、业务等不同维度具有相应的应用需求。

1. 应急通信指挥的时间维度应用需求

根据突发事件发生的时间，应急通信指挥在事前、事中以及事后三个不同时间段，存在其特定的应用需求，例如，事前预测预报、监测预警等，事中行动方案、资源调配、协调控制、自救指导等，事后事件进展通报、安抚等。应急通信指挥的时间维度应用需求如图 1-1 所示。

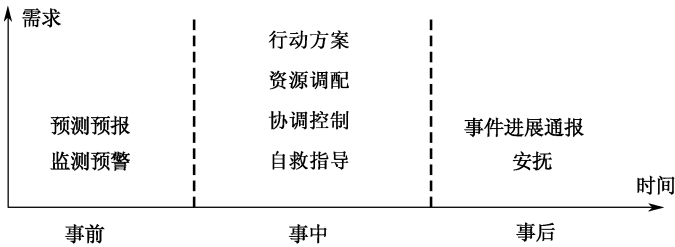


图 1-1 应急通信指挥的时间维度应用需求

需要特别说明的是，根据《中华人民共和国突发事件应对法》第五十八条规定，在“突发事件的威胁和危害得到控制或者消除后，履行统一领导职责或者组织处置突发事件的人民政府应当停止执行依照本法规定采取的应急处置措施，同时采取或者继续实施必要措施，防止发生自然灾害、事故灾难、公共卫生事件的次生、衍生事件或者重新引发社会安全事件”。因此，只有在“事件进展通报”、“安抚”等事后指挥应用与“行动方案”、“资源调配”、“协调控制”等事中指挥应用同时进行，才属于应急通信指挥的应用需求。

2. 应急通信指挥的地域维度应用需求

根据突发事件发生的地域范围、影响程度等因素，应急通信指挥在国家、省 / 市、现场三个层面^[7]，由于其指挥权责、处置范围、可调配资源数量、指挥流程等方面不尽相同，存在不同的应用需求。例如，国家层面包括全国性的资源调配、协调控制、信息

发布等，如国家国土监控系统；省 / 市层面包括城市、省 / 市间协同联动的资源调配、协调控制、信息发布等，如省 / 市应急联动平台；现场层面包括部门及部门之间协同联动的资源调配、协调控制、信息发布等，如现场的机动应急指挥平台。应急通信指挥的地域维度应用需求，如图 1-2 所示。

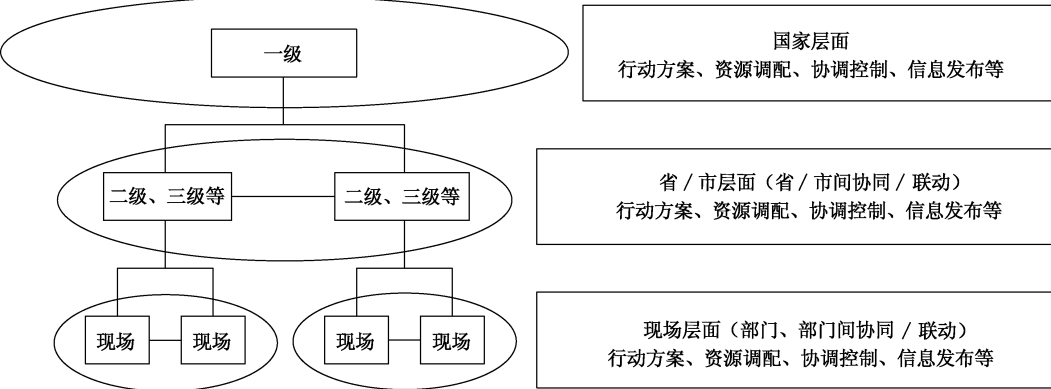


图 1-2 应急通信指挥的地域维度应用需求

3. 应急通信指挥的关系维度应用需求

根据应对突发事件的不同用户之间的关系维度，在上下级指挥人员之间、指挥人员与专业人员之间、应急处置部门与公众之间存在不同的应用需求，例如，上级指挥人员对下级指挥人员的行动方案、资源调配、协调控制等，应急处置部门对公众的信息发布等。应急通信指挥的关系维度应用需求如图 1-3 所示。

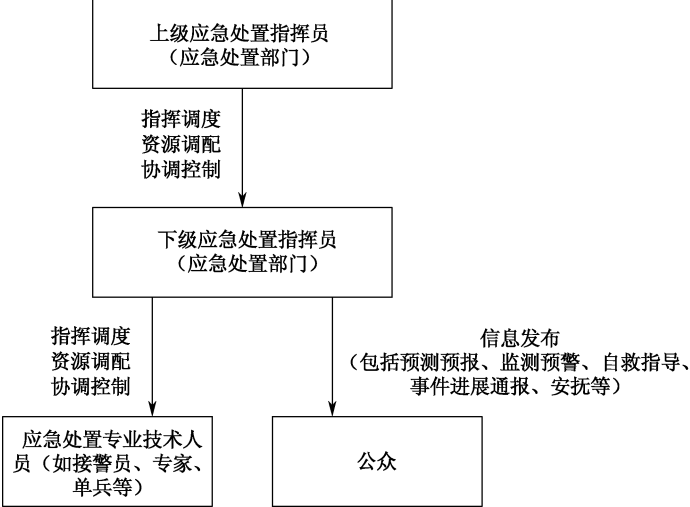


图 1-3 应急通信指挥的关系维度应用需求

4. 应急通信指挥的业务维度应用需求

根据支持应对突发事件的不同业务，从用户角色、技术两个角度，应急通信指挥分别存在不同的应用需求。

从用户角色角度，应急通信指挥的应用需求可分为指挥人员需求、专业人员需求和公众需求三类。第一类是指令人员的应急处置行动方案，以及对人力、物力资源的调配与协调控制等业务需求。第二类是专业人员的现场信息业务需求，如监测与监控数据、定位信息、图像与视频等现场信息，以及相关的指挥调度指令信息。第三类是公众的业务需求，如报警、自救指导、慰问、事件进展通报、报平安等。

从技术角度，主要包括语音、数据（如短信、监测与监控数据、定位信息等）、图像以及视频四类。

1.3 应急通信指挥的发展现状

1.3.1 应急通信的标准化现状

如上文所述，应急通信是为应对突发事件必须首先解决的问题。目前，国内外研究应急通信的标准化组织主要包括 ITU、ETSI、IETF 和 CCSA。

1. 国际电信联盟

ITU 成立于 1865 年，是一个联合国系统内的国际组织，是各国政府和民间领域协调全球电信网络和业务的机构。ITU 下设 ITU-T、ITU-R 和 ITU 电信发展部（ITU Telecommunication Development Sector, ITU-D）三个不同部门，其中对应急通信行业影响较大的是 ITU-T 和 ITU-R。

（1）ITU-T

ITU-T 对应急通信的研究包括国际紧急呼叫以及应急通信能力增强技术等内容，涉及应急通信业务（Emergency Telecommunication Service, ETS）、减灾通信（Telecommunication for Disaster Relief, TDR）业务和早期预警（Early Warning, EW）业务。尽管 ITU-T 本身不参与应急和救灾行动，但是它提出的“建议（Recommendation）”是实施可互操作系统和电信设施的基础，有利于应急处置人员顺利部署通信设施并提供服务。

目前，ITU-T 已经发布的应急通信建议包括 E.107（ETS 以及各国实施 ETS 的互连框架）^[8]、Y.1271（在不断演进的电路交换与分组交换网络上进行应急通信的网络要求和能力框架）^[5]等。

(2) ITU-R

ITU-R 对应急通信的研究包括利用固定卫星、无线电广播、移动通信、无线定位等技术提供应急通信业务。

目前, ITU-R 已经发布的应急通信建议包括 BT.1774 (公共预警、减灾和救援中卫星和地面广播设施的使用)^[9]、F.1105 (救援行动使用的可搬运的固定无线通信设备)^[10]等。

2. 欧洲电信标准化协会

欧洲电信标准化协会 (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) 成立于 1988 年, 是一个由欧共体委员会批准建立的非赢利性电信标准化组织。ETSI 非常重视应急通信相关标准的制订, 专门设立了应急通信 (Emergency Telecommunications, EMTEL) 课题, 并先后成立了 STF315 (紧急呼叫和位置信息) 和 STF321 (紧急呼叫定位) 特别任务组。目前, STF315 已经结束, 由 STF321 继续开展应急通信的研究工作。

目前, ETSI 已经发布的应急通信标准包括 TS 102 181 (突发事件下应急处置部门之间的通信需求)^[11]、TS 102 182 (突发事件下应急处置部门对公众的通信需求)^[12]等。

3. 互联网工程任务组

互联网工程任务组 (Internet Engineering Task Force, IETF) 成立于 1985 年, 是一个由运营商、业务提供商、研究人员和网络工程师组成的开放性国际组织, 是全球互联网最具权威的技术标准化组织。随着互联网 (Internet) 上网络电话 (Voice over Internet Protocol, VoIP) 业务的大量应用, IETF 日益重视互联网上的应急通信问题, 并建立了基于互联网技术的紧急服务内容解析 (Emergency Context Resolution with Internet Technologies, ECRIT) 工作组, 专门研究基于互联网的应急通信问题, 涉及需求、架构、协议等各个方面。

目前, IETF 已经发布的应急通信草案包括 RFC 5012 (基于互联网技术实现紧急服务的需求)^[13]、RFC 6443 (利用互联网多媒体进行紧急呼叫的框架)^[14]等。

4. 中国通信标准化协会

中国通信标准化协会 (China Communications Standards Association, CCSA) 成立于 2002 年, 是中国开展通信技术标准化工作的主要机构。CCSA 专门成立了应急通信任务组, 侧重于应急通信相关的综合性、管理性和框架性的标准研究, 包括政策支撑性标准、网络支撑性标准 (即公网支持应急通信) 和技术支撑性标准。

目前, CCSA 已经正式发布的应急通信标准包括 YD/T 2247-2011 (不同紧急情况下应急通信基本业务要求)^[15]、YDB 087-2012 (区域空间应急通信系统技术要求)^[16]

SR107-2001（自组织网络支持应急通信的架构和标准化需求研究）^[17]等。

1.3.2 应急通信指挥的发展现状

美国、欧洲、日本等发达国家和地区的应急通信指挥体系建设起步较早，经过多年的发展，已颇具规模。中国应急通信指挥体系建设起步较晚，与发达国家相比仍存在较大差距。

1. 美国应急通信指挥体系的发展现状

（1）美国应急政策的发展现状

美国应急工作起步较早，已建立成熟的应急体系，相继颁布了《911 全国紧急事件报警号码》、《国家通信系统》、《国家安全应急准备计划》、《国家应急反应框架》等应急政策。

（2）美国应急通信指挥系统的发展现状

美国拥有先进成熟的应急通信系统，包括全球定位系统（Global Positioning System, GPS）、海事卫星（International Maritime Satellite, Inmarsat）、911 电话报警系统、基于集成数字增强网络（integrated Digital Enhanced Network, iDEN）技术体制的数字集群通信系统、手机短信应急预警系统等。

“9.11”恐怖袭击事件后，美国成立国土安全部，将 22 个联邦政府机构及联邦应急事务管理总署（Federal Emergency Management Agency, FEMA）纳入其中，并将应对突发事件作为主要工作之一。目前，应急指挥中心已遍及美国每一个州市，在应对洪水、暴乱、火灾、爆炸、地震等突发事件时发挥着重要作用。

2. 欧洲应急通信指挥体系的发展现状

（1）欧洲应急政策的发展现状

欧洲具有较完备的应急体系，如英国的《国内突发事件应急计划》、法国的《地震救援法》以及德国的《自然灾害处置预案》等。

（2）欧洲应急通信指挥系统的发展现状

欧洲的应急通信指挥系统建设整体水平处于世界前列，已建成了伽利略全球导航卫星系统、欧洲海事通信卫星系统、基于陆上集群无线电（Terrestrial Trunked Radio, TETRA）技术体制的数字集群通信系统等。

欧洲各国已基本形成了较为完善的应急管理体系，大部分欧洲国家由内政部负责应

急管理和应急处置。经过多年的发展,欧洲主要国家均建立了国家级紧急救援指挥中心,并由部分国家共同设置了区域性的应急指挥中心,如欧洲112应急联动中心。

3. 日本应急通信指挥体系的发展现状

(1) 日本应急政策的发展现状

日本是一个自然灾害频发的国家,各级政府和公众具有强烈的应急安全意识,长期以来形成了健全的危害应对政策体系,如《灾害对策基本法》、《大规模地震对策特别措施法》、《关于完善防灾信息体系的基本方针》等。

(2) 日本应急通信指挥系统的发展现状

日本的应急通信指挥系统建设整体水平处于世界前列,已经建成新一代的宽带多媒体通信卫星系统、集群通信系统以及中央防灾无线网和防灾互连通信网等地面应急专网。

日本中央防灾会议是应急防灾工作的最高决策机关。根据突发事件的严重程度,应急指挥分为中央、都道府县和市町村三级。对于一般或者较大突发事件,由该辖区的市町村或者都道府县“灾害对策本部”负责应急管理的组织与实施工作,并将灾情上报都道府县或中央应急管理机构。对于重大及特别重大的突发事件,内阁设置“非常灾害对策本部”直接负责应急指挥调度。

4. 中国应急通信指挥体系的发展现状

(1) 中国应急政策的发展现状

中国应急工作起步较晚,与发达国家差距较大。为有效开展应急工作,中国颁布了一系列应急政策,主要包括《国家突发公共事件总体应急预案》、《中华人民共和国突发事件应对法》、《国家通信保障应急预案》等。

(2) 中国应急通信指挥系统的发展现状

中国近年来非常重视应急通信系统的建设,已初步建成了北斗卫星导航定位系统、集群通信系统等,但总体规模和应急能力还有待提升。

另外,中国已在北京、上海、南宁等城市建成了城市应急联动中心,而且将进一步建设国家级应急指挥调度系统。

(3) 现场应急通信指挥的挑战

近年来,中国处在自然灾害、事故灾难和社会安全等突发事件高发期,往往导致现场及周边的通信瞬间过载甚至瘫痪,非现有“预案”所始料。现场应急通信指挥系统在突发事件处置中发挥着越来越重要的作用,成为当前的热点和难点问题。在重大活动、

防灾救灾、反恐维稳等现场应急通信和指挥中，特别是偏远地区（如山区、戈壁、沙漠、海洋等）发生重大自然灾害时，如何快速有效建立现场应急通信指挥系统，实现全面掌握现场情况并进行指挥决策，是现场应急处置的关键技术挑战，例如，2008 年中国“5.12”汶川大地震和 2013 年中国“4.20”雅安地震。

1.4 本书主要内容及章节结构

本书从宏观和系统角度，强调技术原理层面，研究应急通信指挥技术、系统与应用，包括应用需求、参考模型、信息通信技术、组网与现场信息采集、指挥系统与平台、互连互通技术、趋势与展望等内容，旨在指导未来的应急通信指挥系统研究与建设，提高应急通信指挥效能。本书的章节结构及相互关系示意图，如图 1-4 所示。

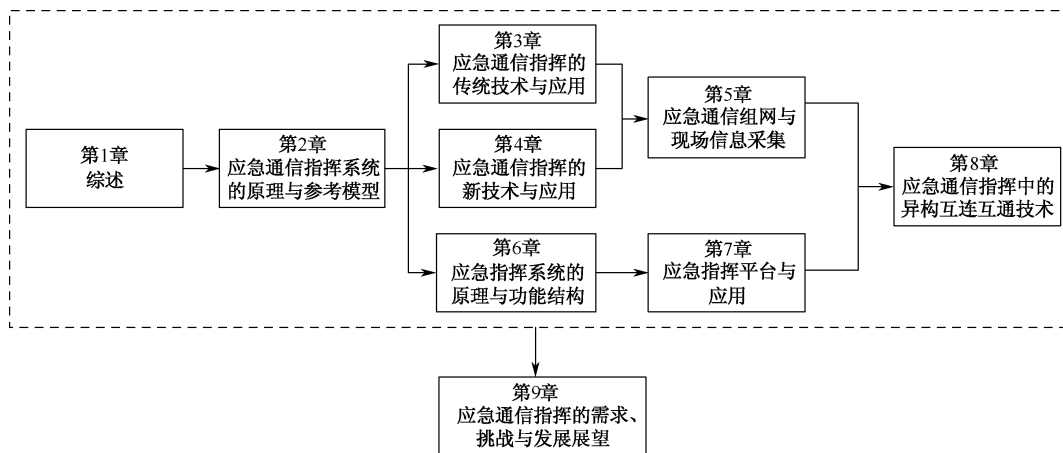


图 1-4 本书的章节结构及相互关系示意图

第 1 章和第 2 章属于宏观描述，涉及应急通信指挥的相关概念、需求等，并将系统的参考模型作为全书主线。第 3、4、5 章介绍应急通信指挥中涉及的关键技术及其综合应用。第 6 章和第 7 章介绍应急指挥系统与平台。第 8 章介绍应急通信指挥的异构互连互通技术。第 9 章介绍应急通信指挥的发展趋势与展望。

参 考 文 献

- [1] ITU-T Y.1271. Framework(s) on Network Requirements and Capabilities to Support

- Emergency Telecommunications over Evolving Circuit-switched and Packet-switched Networks[S].
- [2] 郑祖辉. 应急通信无线专用网络的探讨[J]. 移动通信, 2010 年, 第 22 期, 第 45~49 页.
- [3] 中华人民共和国突发事件应对法, 2007.
- [4] 孙玉. 应急通信技术总体框架讨论[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [5] ITU-T Y.2205. Next Generation Networks - Emergency Telecommunications - Technical Considerations[S].
- [6] 张雪丽, 王睿, 董晓鲁, 汤立波. 应急通信新技术与系统应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [7] 陈兆海. 应急通信系统[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [8] ITU-T E.107. Emergency Telecommunications Service (ETS) and Interconnection Framework for National Implementations of ETS[S].
- [9] ITU-R BT.1774. Use of Satellite and Terrestrial Broadcast Infrastructures for Public Warning, Disaster Mitigation and Relief[S].
- [10] ITU-R F.1105. Transportable Fixed Radiocommunications Equipment for Relief Operations[S].
- [11] ETSI TS 102 181. Requirements for Communication Between Authorities/Organizations During Emergencies[S].
- [12] ETSI TS 102 182. Requirements for Communications from Authorities/Organisations to the Citizens During Emergencies[S].
- [13] RFC5012. Requirements for Emergency Context Resolution with Internet Technologies [S].
- [14] RFC6443. Framework for Emergency Calling Using Internet Multimedia[S].
- [15] CCSA YD/T 2247-2011. 不同紧急情况下应急通信基本业务要求[S].
- [16] CCSA YDB 087-2012. 区域空间应急通信系统技术要求[S].
- [17] CCSA SR 107-2011. 自组织网络支持应急通信的架构和标准化需求研究[S].

第2章 应急通信指挥系统的原理 与参考模型

本章要点

- 应急通信指挥系统的应用特点
- 应急通信指挥系统的原理
- 应急通信指挥系统的参考模型



本章导读

应急通信指挥系统在应对突发事件中的重要性日益凸显，人们对它的时效性要求和依赖度也越来越高。为构建适应范围广、功能强、效率高的应急通信指挥系统，首先需要研究应急通信指挥系统的应用特点；在此基础上，对影响应急通信指挥系统的关键要素进行综合和抽象，以便从整体上理解和把握应急通信指挥的概念与总体技术框架。

本章从宏观和系统角度，强调技术原理层面，阐述了应急通信指挥系统的应用特点与原理，并提出一种系统参考模型。围绕系统原理和参考模型，本章从不同侧面阐述系统的网络、业务、终端、管理、安全、法规等多个方面的关键要素，对指导深入研究应急通信指挥系统的技术体系具有重要意义。本书的后续章节是以首次提出的系统原理和参考模型为主线，介绍有关的信息通信技术、组网与现场信息采集、指挥系统与平台、互连互通技术等，并结合相关案例介绍了它们在应急通信指挥中的应用，特别是传感器技术、基于移动互联网技术的即时通信和社交媒体（如微信、微博、飞信、Twitter、Facebook 等）及应急 APP。

2.1 应急通信指挥系统的应用特点

应急通信指挥系统是实现应急通信指挥应用需求的技术系统，其应用特点主要体现在“应急”上，包含以下几点。

1. 应用需求的多样性

突发事件种类多，在时间、地域、事件类型、影响程度等方面存在诸多不可预见因素，不同的现场场景对应急通信指挥系统的功能需求差异较大。例如，在大多数突发事件中，专网与公网共存；在重大突发事件^①中，专网独立应用于应急处置；在重大活动、个人报警求助、自救指导、安抚信息中，尽可能地发挥公网的通信系统应急保障作用。特别是在某些事态发展的不同时间阶段，对应急通信系统存在不同应用需求，详见第 5 章“应急通信组网与现场信息采集”。

可见，在一种场景下适用的系统和手段，在其他场景下可能难以发挥作用；同一个

^① 本书下文，为简便起见，“重大突发事件”特指使公网的基础设施遭受严重损毁或者瘫痪的突发事件，例如，第 1 章所述的美国“9.11”恐怖袭击、中国“5.12”汶川大地震、日本“3.11”地震等。

系统在不同的场景下，使用的方式也可能相差较大。

2. 系统构成的异构性

当突发事件发生时，通常需要多个应急处置部门协同联动，而不同应急处置部门由于历史原因和职能不同所采用的技术和系统专用性强，在功能上存在差异。另外，信息技术（Information and Communications Technology, ICT）发展演进快，且由于投资及使用人员习惯等因素限制，新旧技术在应急通信指挥上长期并存使用。

3. 系统资源的虚拟性

重大突发事件影响范围大、程度深，必须临时、独立建立现场专网应急通信指挥系统。但由于专网在数量、功能、性能、权限等方面存在特定的、严格的使用要求，难以替代公网的基础通信作用，必须与公网（包括异地公网、现场已恢复的公网等）互相配合和补充。为实现应急通信指挥的功能扩展，建立在公网基础之上的专网应急通信指挥系统，如集群政务共网，类似虚拟专用网络（Virtual Private Network, VPN），是架构在公网之上的逻辑网络，网络形态具有一定的虚拟性。

另外，在应对突发事件过程中，涉及的人员对随时随地的信息协同共享、按需快速处理等应用整合需求越来越强烈，利用云计算、网络虚拟化等信息通信新技术实现虚拟环境中大数据应急资源的综合应用将是未来的发展趋势。

可见，应急通信指挥系统是多种系统在特定时间段、针对特定场景的应急能力的综合体现，是由公网与专网、不同数据中心构成的虚拟系统。

4. 技术性能发挥与法规管理的相关性

由于应急通信指挥系统具有构成的异构性和资源的虚拟性，需要针对不同的现场场景建立响应机制，及时有效地协调调度应急资源，以建立完善的应急通信指挥体系。在应急通信指挥体系中，需要政策法规、系统管理、安全机制等保障措施，才能有效发挥技术系统的性能。

基于上述对应急通信指挥系统应用特点的分析，本书提出一种经梳理、分析和抽象的应急通信指挥系统的参考模型，从三个不同平面分别阐述系统的关键要素。

2.2 应急通信指挥系统的原理

从技术层面，本书提出一种应急通信指挥系统的原理，如图 2-1 所示，主要包括四个方面：信息采集、信息传递、信息处理以及指令下达和执行。其中，虚框内表示应急指挥系统的原理。

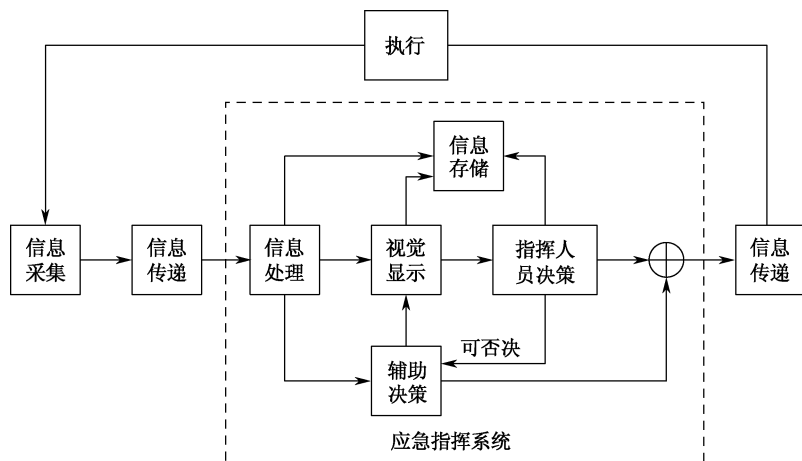


图 2-1 应急通信指挥系统的原理

（1）信息采集

信息采集主要包括数据采集、音频采集、视频采集、目标定位、数据融合等。信息采集的作用是全面了解现场的地理环境、地形特点、气象情况、事态与局势，实时掌握现场救援力量部署与资源调度及其位置、反恐时的现场态势，以及指令执行后的事态进展反馈等信息。

（2）信息传递

信息传递包括现场采集信息的上传、指挥人员指令的下达等。信息传递的作用是利用由多种不同的通信与网络系统构成的应急通信网络，实现现场内外应急处置人员以及公众的信息互通。

（3）信息处理

信息处理主要包括信息计算、存储、显示、人工或者智能辅助的决策制定等操作。信息处理的作用是快速查询与显示信息并进行分析与处理，提供辅助决策信息。

（4）指令执行

现场应急处置部门及应急处置人员接受上级应急处置部门按级或者越级指挥决策指令，实现纵向与横向协同的执行，以及应急处理行动的协调与控制，直至应急处置任务完成或结束。

其中，（1）和（2）强调通信技术与系统，（3）和（4）强调指挥技术与系统。可见，应急通信指挥系统将利用现代信息通信技术不断完善其功能，具备强大的信息采集能力、信息传递能力、分析判断能力、决策处置能力和组织协调能力，充分发挥在及时有效地应对突发事件中的作用。

2.3 应急通信指挥系统的参考模型

本书提出的应急通信指挥系统的参考模型如图 2-2 所示，该模型包含设施平面、能力平面和保障平面 3 个平面。

设施平面涉及应急通信指挥系统的物理构成及特性，体现了应急通信指挥系统的异构性、综合性。从功能上可分为接入与信息采集、通信网络、业务与应用三个层次。

能力平面包含设施平面中多种不同系统应具备的应急能力，它与设施平面的各个层次相关，体现了应急通信指挥系统的资源虚拟性。参考文献[1]中列出一些应急通信指挥系统应提升的能力，具体要求如表 2-1 所示。本书进一步抽象与提炼，将可达性、互连互通、优先级、智能性四种能力作为能力平面中体现系统应急能力的关键要素。

表 2-1 应急通信指挥系统应提升的能力要求^[1]

要 求	
增强的优先级处理	移动性
安全网络	普遍覆盖
位置保密	生存能力/抗毁性
可恢复性	语音传输
网络连通性	可变带宽
互操作性	

保障平面体现了应急通信指挥系统的管理相关性，包括政策法规、系统管理、安全机制等保障措施，这些是应急通信指挥系统的应急能力得以充分发挥的重要保障要素。

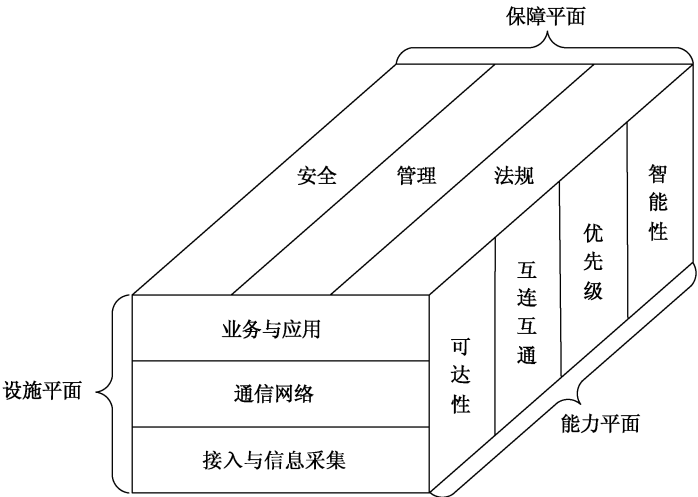


图 2-2 应急通信指挥系统参考模型

2.3.1 设施平面

在设施平面的三个层次中，接入与信息采集层实现多种对象的通信接入和信息采集。通信网络层实现现场内的通信（包括现场区域中继、现场接入等）以及现场与后方之间的广域中继通信。业务与应用层面向不同用户的应急通信指挥需求，实现多种通信与指挥业务。

应急通信指挥系统源于常规的公网和专用通信网，但在应急通信指挥网络的应用场景、组网方式、服务对象、通信能力需求、业务与应用等方面均有其特殊性。通常情况下，需要综合应用设施平面中多种通信技术和网络系统。

1. 接入与信息采集

（1）接入的对象

① 人：

主要是指在应对突发事件过程中涉及的人员，包括指挥人员、专业人员（如接警员、专家、单兵等）以及公众。其中，现场指挥人员、单兵^①等重要用户具有较高接入优先级。

② 物：

接入的对象由人延伸至物，例如，传感器、射频标签、摄像头等，由物代替人完成监测、监控、自动报警等任务，并能够进行物对物的智能远程控制。

（2）接入的业务

接入的业务包括语音、数据、图像、视频等，反映现场信息和态势。根据实时性要求可分为实时业务（如语音、视频等业务）和非实时业务（如现场采集的部分数据业务）。

（3）接入的方式

① 有线接入：

利用电缆、光缆等作为接入媒介，接入速率高、稳定可靠，但线路部署受环境影响大，灵活性差，容易被自然或人为损毁，不适合移动性和灵活性要求高的现场。

② 无线接入：

利用无线电波作为接入媒介，快捷灵活、手段多样，支持用户的移动性，对现场复杂环境的适应能力强。但受无线通信的固有特性以及现场复杂环境的影响，传输质量可能不高。对于现场的不可预见性和时效性要求，无线接入是目前采用较多的应急接入方式，如传统的卫星通信、集群通信、短波通信、微波通信等，通常需要多种技术综合互补应用。

① 本书下文中，为简便起见，“单兵”特指参与现场应急处置的抢险救援、反恐维稳等专业人员。

(4) 信息采集

主要是现场信息的采集，利用各种传感器、射频标签、定位终端、视频器件等设备采集温度、湿度、雨量、流量、水位、声波、移位、压力、震动、倾斜、有害气体、位置、声音、图像、视频等各种现场信息数据。

2. 通信网络

(1) 网络构成

根据在应急处置中的作用和地域不同，从水平角度分析，应急通信网络可分为应急通信的广域中继网络、应急通信的现场区域中继网络、应急通信的现场接入网络、应急指挥平台的内部局域网络，应急通信网络结构如图 2-3 所示。

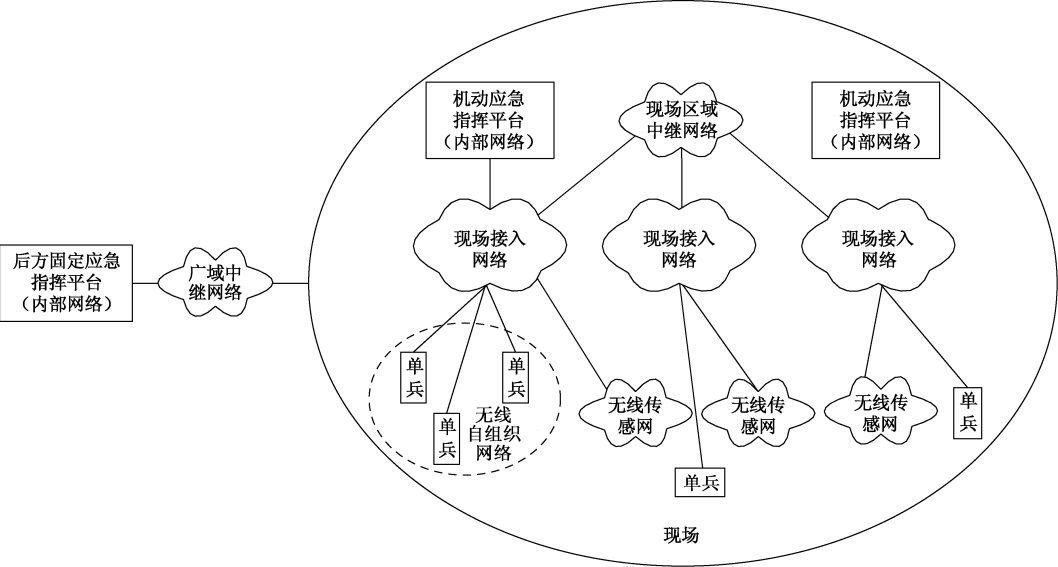


图 2-3 应急通信网络结构

① 应急通信的广域中继网络：

支撑后方的固定应急指挥平台到现场机动应急指挥平台间的信息交互；支撑多级应急指挥系统之间的纵向连接与信息交换；支撑同级各专用应急指挥系统之间的横向联动与信息交换。

② 应急通信的区域中继网络：

当突发事件涉及的区域半径超过 10 千米的范围时，多个现场应急指挥平台之间需要通信与协同。应急通信的区域中继网络就是用于支撑多个现场机动应急指挥平台之间的互连、信息交换和协同指挥的。

③ 应急通信的现场接入网络：

主要是指现场机动应急指挥平台与单兵之间的通信，以及现场临时部署的无线传感网络、无线自组织网络等与现场机动应急指挥平台之间的通信。

④ 应急指挥平台的内部网络：

应急指挥平台的内部网络支撑指挥平台内部各业务系统之间的通信与信息交换，目前都是采用局域网（LAN）和 IP 技术实现的。

固定应急指挥平台通过广域网通信接口连接公网、应急通信专网，实现与后台、现场的机动应急指挥平台或现场的应急处置人员之间的通信。

根据所采用的技术和承载平台的不同，从垂直角度分析，应急通信网络又可分为天、空、地三个层面，如图 2-4 所示。

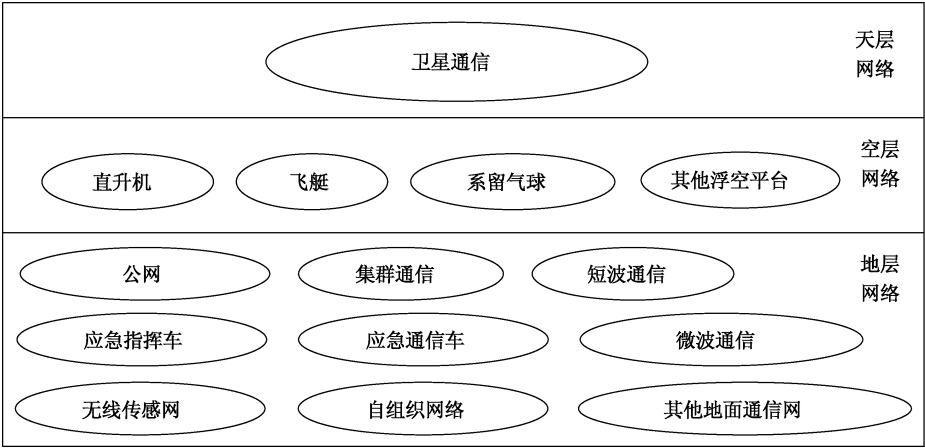


图 2-4 天、空、地三层的应急通信网络

① 天层网络：

卫星是天层网络的主要载体，包括通信卫星、导航卫星、遥感卫星等，实现远距离通信、导航定位、对地观测、信息采集等功能。卫星通信具有覆盖范围广、不受距离限制、部署迅速灵活等特点，是满足复杂特殊环境下，当地面网络难以到达时，单兵接入、遥感信息采集和广域中继通信的主要手段。

② 空层网络：

空层通信主要指基于飞艇、热气球、无人机、直升机等浮空平台和机载平台的通信手段。空层网络主要用于现场区域覆盖（范围为几千米至几十千米），是地面车载通信等手段的延伸和补充，特别是在地面通信网络损毁情况下的现场，提供较大范围无线通信、对地观测、信息采集等功能。

③ 地层网络：

地层网络又可细分为地面网络和地下（如矿井）网络。地面网络承载大部分应急通

信指挥业务,可由车载平台承载或者由单兵携带,实现广域、区域以及局域的通信。但在复杂恶劣的现场地理环境下,地面网络往往难以部署。地下网络主要指适应地下矿井等特殊环境应急需要而布设的网络。

(2) 主要的传统通信技术体制

① 微波通信、卫星通信和短波通信:

微波和卫星通信具有可用频带宽、部署迅速、受地理环境制约少、抗毁能力强等特点,可作为地面有线通信的传输备份和快速恢复手段,分别用于构建地面中继应急通信网络和空间中继应急通信网络。近年来,微波和卫星通信系统设备呈现出宽带化、小型化发展趋势。

短波通信具有通信距离远、抗毁能力强、使用简便的优点,但也具有通信容量小、质量差的缺点,是应急通信的重要补充手段和极端情况下的最低通信保障手段之一。

② 集群通信:

集群通信网络属于专用无线移动指挥调度网络,通话建立速度快,具有故障弱化、脱网直通等抗毁能力,支持群组呼叫、优先呼叫以及强插强拆等应急指挥所需的特殊功能,能较好地满足现场应急处置人员的通信和指挥调度的需求。集群通信正在从支持语音业务的窄带通信向支持多媒体业务的宽带通信方向发展。

③ 公众移动通信网:

公众移动通信网(Public Land Mobile Network, PLMN)覆盖面积广、移动性强,支持语音、数据、图像和视频等多种业务应用,是移动互联网的重要载体。在应对突发事件过程中,是信息发布的重要手段之一。公众移动通信网络正在向宽带化、IP化方向发展。

④ 公众电话交换网:

公众电话交换网(Public Switched Telephone Network, PSTN)以固定语音业务为主,稳定可靠、服务质量高,且可实现对应急呼叫用户的位置定位。在应对突发事件过程中,是公众电话报警的重要手段之一。

⑤ 互联网:

互联网是以TCP/IP协议为基础的计算机网络,具有覆盖范围广、规模大、信息资源丰富等特点。特别是随着移动接入、泛在连接以及普适计算等新应用的不断涌现,互联网支持应急通信指挥的能力显著提升。在应对突发事件过程中,短信、微博、微信等互联网新业务(如在2013年中国“4.20”雅安地震期间微博、微信的信息互动应用,详见第3章“应急通信指挥的传统技术与应用”)已逐渐成为城市应急管理的重要手段之一。目前,互联网正向以IPv6为核心的下一代互联网方向发展。

⑥ 广播网:

广播网是指通过无线电波或电缆、传送语音和视频等信息、以下行传输为主的网络环境。广播网根据其传播信息的种类可分为广播电台网、广播电视网、互联网广播等,

分别侧重语音、视频、多媒体信息的广播,可通过收音机、电视机、网络终端等设备接收广播信息。广播的优势是对象广泛、传播迅速,特别是传统的广播电台网和广播电视网,接收手段丰富、传输质量可靠。在应对突发事件过程中,广播报警、现场实况广播等业务能够及时传播突发事件信息。目前,广播电视网正向与电信网、互联网深度融合的方向发展。

上述传统的通信技术已广泛应用于应急通信指挥,但存在一些不足和改进方向。在信息通信新技术和新需求的共同推动下,未来的应急通信指挥系统将在现有技术基础上,从组网方式、现场信息采集、导航定位、智能决策等多个方面构建新型的应急通信指挥系统^[2],满足应急通信指挥新需求,如各类传感器应用、室内外高精度定位、智能辅助决策等,提高应急处置部门的应急通信指挥能力。

(3) 公网与专网^[3]

① 公网:

公网以地面通信为主,面向公众提供个人通信服务,具有覆盖面广、容量大、平等接入等特点,以支持点对点通信模式为主,缺少优先级控制和安全机制,抗毁能力弱,容易在突发事件中发生拥堵甚至损毁。需要从两个方面加强公网的能力,也是行业内共同关注的二个热点。一是,加强公网多路由、多节点和关键基础设施的容灾体系建设,在灾害多发地区建设具有高抗毁能力的网络设施,提高公网的抗灾与应急保障能力。二是,增强和提升公网的应急通信服务能力,优先满足重要应急处置部门和应急处置人员通信需要,如公网中语音和数据的优先服务、公共预警等。

② 专网:

广义上的“专网”通常面向具有特殊需要的行业、机构及企业用户,而本文的“专网”即应急通信保障网络。过去应急处置部门所用的专网主要包括卫星通信、集群通信等手段,具有部署灵活、抗毁性强、安全可靠等特点,可以满足多种场景下应急通信和指挥调度的需求。

通常情况下,专网用于提供应急指挥调度和特殊复杂环境下的现场通信和接入手段,公网主要用于面向公众提供相关应急辅助服务、广域中继互连等手段。公网和专网在应急通信指挥中都发挥着重要作用,二者相互补充,难以互相替代。另外,实现公网和专网的综合利用既能节约资源,又能发挥两者的最大效能和作用,提高效益。

需要指出的是,为实现应急通信保障,必要时政府可征用公网、其他部门或企业专网的通信设施,确保通信畅通。当然,这必须要在法律与制度上做出安排,并事先有保障预案。

3. 业务与应用

根据用户角色的不同,应急通信指挥业务主要包括面向指挥人员、专业人员以及公众三类。

- 面向指挥人员的业务：主要包括应急处置行动方案，以及对人力、物力资源调配和协调控制等业务。
- 面向专业人员的业务：主要包括监测与监控数据、定位信息、图像与视频等现场信息，以及接收并执行的相关行动指令信息。
- 面向公众的业务：主要包括报警、慰问、自救指导、事件进展通报、报平安等。

根据应急相关信息采集、传递和处理方式的不同，应急通信指挥业务可分为信息采集业务、传输业务、存储业务和分析处理业务等。

- 信息采集业务：利用传感器、射频标签、定位终端、视频器件等信息采集手段对环境、人员、物资、车辆等信息进行采集、识别和跟踪等。
- 传输业务：利用多种技术和网络环境，实现语音、数据、图像、视频等各种信息的端到端传输。
- 存储业务：对各种相关应急信息进行本地或者异地存储。云存储是一种新的存储架构。
- 分析处理业务：对各种相关应急信息进行分析、处理，提供决策支持和智能指挥等功能。云计算和智能信息处理是一种新的信息处理模式。

根据业务功能的不同，应急通信指挥业务还可分为通信业务、指挥业务和定位业务等。

- 通信业务：在应急处置过程中，提供人与人、人与物、物与物之间端到端的信息交换功能，以语音业务以及必要的数据、图像、视频等业务为主。目前，应急通信业务正向宽带多媒体方向发展，如高清视频会议、宽带集群通信等。
- 指挥业务：依托应急通信网络，在上下级应急处置部门或者应急处置人员之间产生的行动方案、资源调配、协调控制、信息发布等业务。
- 定位业务：定位业务获取现场应急处置人员、被救对象等目标位置信息，主要包括有线和无线两种。有线定位业务通常基于公众电话交换网络，例如，在美国通过固定电话拨打“911”，能够快速定位呼叫者位置。无线定位业务通常利用无线电波测量目标位置，如卫星定位、地面无线定位等。

2.3.2 能力平面

能力平面体现的是设施平面中不同系统所应具备的共同应急属性。提升应急能力是不同技术和通信指挥系统追求的根本目标。以下是应急通信指挥系统整体上应具备的主要能力要素，包括可达性能力、互连互通能力、优先级能力以及智能性能力。

1. 可达性

实现在时间、地域、关系等不同维度上获得应急通信指挥业务的能力，避免出现“信

息孤岛”。可达性能力的基本前提是通信网络的生存性能力，包括物理拓扑和抗毁路由两个方面^[4]，实现网络故障预防和网络性能自动恢复。现实中，专网与公网能力相结合并互补实现可达性。

可见，可达性能力首先是通信可达，其次才是业务可达。

2. 互连互通

现实情况中，各部门都有各自专用应急通信系统和指挥系统，存在多个异构系统、异构终端以及异构业务。另外，当应急通信指挥系统与公网互连互通时，还体现与运营商网络相关的异构特性。在应急处置过程中，需要应急通信指挥在不同技术和系统之间的互连互通，实现各部门的协同指挥。互连互通主要包括接入层面、网络层面和业务应用层面。

关于互连互通原理详见第8章“应急通信指挥中的异构互连互通技术”。

3. 优先级

利用公众通信网为指挥人员、应急处置人员等重要用户提供高优先级通信支撑能力，包括优先接入、优先路由等。语音优先是目前国际上研究的重点，数据优先将是公众通信网优先服务的发展趋势。

专网应急通信，如集群通信，具备优先级功能。

4. 智能性

当前普遍运用的指挥辅助系统、应急模拟演练与评估系统，是智能决策支持的初级阶段。未来的应急通信指挥系统将采用信息通信新技术，如无线传感网络、云计算与智能信息处理等，从智能信息采集及智能应用多个层面实现系统的智能性。例如，在智能信息采集方面，由智能机器代替单兵完成现场信息采集、快速目标定位等功能；在智能应用方面，通过多源信息的数据融合处理、目标识别、态势评估和快速生成指挥决策等操作，为指挥人员提供智能辅助决策支持。

提升应急通信指挥系统的整体能力，需要设施平面和管理平面的有效支撑。

2.3.3 保障平面

应急通信指挥系统具有多样性、综合性和虚拟性等特点，保障平面包含影响应急通信指挥系统及其能力充分发挥作用的一些关键因素，主要包括政策法规、系统管理、安全机制等保障措施。

1. 政策法规

政策法规明确应急通信指挥的工作原则、组织体系、运行机制、应急资源保障（如

人力、基本生活、医疗卫生、通信装备等资源)以及监督管理等,影响设施平面中信息通信技术和系统的使用方式以及应急通信指挥系统整体能力的发挥。

不同国家的国情不同,与应急通信指挥相关的政策法规可能存在较大区别,例如,中国的“一案三制”,“一案”即预案,“三制”即法制、机制和体制。

2. 系统管理

系统管理主要指技术层面的常态和应急情况下网络资源、系统资源和业务资源的统筹管理。针对不同场景快速调度合适的不同通信资源,综合利用,提供及时有效的应急通信保障,主要涉及调度、配置、故障、性能等功能,体现“平战结合、协同联动”的思想。

调度管理主要提供通信资源的调度、不同通信系统间互连互通等功能。配置管理主要提供系统的初始参数配置、互连互通配置,以及存储与修改配置数据等功能。故障管理主要提供响应差错通知、定位、隔离、诊断和排除故障,以及维护差错日志等功能。性能管理主要提供收集与监控系统性能及维护性能的历史记录等功能。

3. 安全机制

安全机制主要指保证系统及其能力发挥作用的安全技术措施和管理措施,技术措施的有效实施通常需要管理措施来保证。应急通信指挥系统的安全保护技术措施包括分层保护、分域保护和分级保护等维度,不同维度所采用的安全技术要素基本一致,提供的功能包括安全服务、异地备份、维护安全日志等。

参 考 文 献

- [1] ITU-T Y.1271. Framework(s) on Network Requirements and Capabilities to Support Emergency Telecommunications over Evolving Circuit-switched and Packet-switched Networks[S].
- [2] 陈山枝,张雪丽,郑林会,等. 基于CNGI的应急联动系统研发及应用试验项目——应急通信前瞻技术研究报告[Z]. 北京: 下一代互联网示范工程 2006 年产业化及应用试验项目, 2008.
- [3] 郑林会,陈山枝,毛旭. 突发公共事件应急通信技术及其发展趋势[J]. 电信技术, 2012 年, 第 7 期, 第 47~49 页.
- [4] 兰巨龙,陈山枝等. 快速自愈路由协议与试验系统结题验收报告[Z]. 北京: 国家高技术研究发展计划(863 计划)信息技术领域——自组织网络与通信技术课题, 2009.

第3章 应急通信指挥的传统技术与应用

本章要点

- 公众通信网技术
- 卫星通信技术
- 集群通信技术
- 短波通信技术
- 微波通信技术
- 遥感技术
- 计算机电话集成技术



本章导读

本章介绍了公众通信网、卫星通信、集群通信、短波通信、微波通信等适用于应急通信指挥的传统通信技术，以及遥感技术和计算机应用技术，如计算机电话集成技术等。首先对每种技术原理分别进行简要概述，进而围绕各种技术的特点阐述其在应急通信指挥中的应用以及不足与改进方向。

3.1 公众通信网技术

公网通常是面向公众提供基本电信服务，具有基础设施的通信网络，如公众电信网、互联网、广播网等，具有覆盖面积广、服务用户多等特点。公网的通信系统应急保障应用包括报警、信息发布（如预测预报、监测预警、自救指导、事件进展通报、安抚等）、应急优先呼叫等，在大多数突发事件下作为专网应急通信的辅助性手段。但是，专网应急通信无法完全取代公网的通信系统应急保障应用，强化公网的抗毁以及应急通信优先服务能力仍然是进行应急通信指挥的重要基础保障。

3.1.1 概述

公网一般利用电缆和光纤等有线和无线通信系统收发各种信息，如语音、数据、图像、视频等，是为公众提供电信服务的重要基础设施。早期的公网仅包括电报网和电话网。随着通信技术的不断发展，公网的组成及其提供的业务类型不断丰富，服务质量不断提高。本书主要介绍常用的公网：公众电信网、互联网以及广播网。

公众电信网主要包括 PSTN、PLMN 等。PSTN 是一种用于语音通信的电路交换网络，目前几乎全部采用数字模式。PLMN 是一种为公众提供移动通信业务的网络，可以独立组网，但通常与公众电话交换网连接。目前，全球公众移动通信网正在从第二代移动通信网络（2G，GSM、CDMA）向第三代移动通信网络（3G，WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA）迁移阶段，即处于共存使用阶段。为了适应语音、数据、图像和视频等业务的融合通信趋势，公众电话交换网正向下一代分组交换网络、移动与固定融合的方向发展。为了适应宽带移动多媒体业务的发展趋势，公众移动通信网正开始从 3G 向以 LTE-Advanced 技术为代表的第四代移动通信网络（4G）演进。

互联网是以 TCP/IP 协议为基础将不同局域网络和计算机（也包括新型的移动互联网设备）连接在一起的公网。互联网接入手段多样、应用丰富，已成为集信息采集、传

输、存储和处理于一体的信息社会重要基础设施。为了向用户提供无处不在的网络应用服务,如网页访问、微博、微信、电子邮箱等,下一代互联网在接入方式、用户角色、服务模式等方面将发生变革。

广播网是指通过无线电波或电缆、传送声音和视频等信息、以点对多点的下行传输为主的网络。广播网根据其传播信息的种类可分为广播电管网、广播电视网、互联网广播等,分别侧重语音、视频、多媒体信息的广播,可通过收音机、电视机、网络终端(如计算机、平板电脑、智能手机)等设备接收广播信息。广播的优势是对象广泛、传播迅速,特别是传统的广播电管网和广播电视网,接收手段丰富、传输质量可靠。目前广播电视网正向与电信网、互联网深度融合的方向发展。

公网主要具有以下特点:

- ① 覆盖面积广,用户规模庞大;
- ② 通常需要基础设施支撑;
- ③ 接入手段多样,系统容量大;
- ④ 业务类型丰富,包括语音、数据、图像、视频等。

3.1.2 公众通信网技术在应急通信指挥中的应用

公网在应急通信指挥中的应用,主要包括报警、信息发布(如预测预报、监测预警、自救指导、事件进展通报、安抚等)、应急优先呼叫等,及时、准确、客观地发布突发事件态势和现场应急处置进展情况,宣传普及救援救助、医疗救治、卫生防疫等方面的科学知识,及时发布气象、地质等预警,为公众安全避险提供服务性信息等。

1. 公众电信网在应急通信指挥中的应用

公众电信网在应急通信指挥中的应用主要包括报警、信息发布、应急优先呼叫、获取位置信息等。

(1) 报警

主要是电话报警,如美国 911、中国 110 等常用报警号码。也有采用新的通信手段,如短信报警、微博与微信求救等。

(2) 信息发布

应急短消息对网络资源占用少、具备在同一时间向大量用户发送的能力,是目前利用公众移动通信网发布应急信息的一种有效手段。例如,事前,第一时间向现场的公众发布预警短消息,提前告知避险措施以及疏散转移公众准备预案;事中和事后,利用应急短消息对相关公众进行自救指导、事件进展通报和安抚。

2011年4月7日,日本东北部地区发生7.4级地震期间,驾驶员收到手机预警短消息后开始减速并避险,十秒后感受到地震来袭。

(3) 应急优先呼叫

利用公网提供优先应急通信业务,支持重要用户应急呼叫的优先识别、优先接入、优先路由等,实现公网中普通呼叫所不具备的功能。即使在网络拥塞或者基础设施部分损毁的情况下,也能够保障重要用户的应急呼叫。

在美国被卡特里那飓风袭击期间,4 000名应急处置人员利用1 000张政府应急电信业务(Government Emergency Telecommunications Service, GETS)电话卡,完成了4万个GETS呼叫,保障了网络严重拥塞情况下的指挥调度通信。另外,在卡特里娜飓风期间,美国提供了无线优先业务(Wireless Priority Service, WPS),使应急处置部门和应急处置人员的应急呼叫完成率达到84%,而高峰时期普通人员呼叫的完成率不到10%。

(4) 获取位置信息

在用户无法提供自身位置信息的情况下,利用公网实时获取用户的位置信息,实现快速反应,并准确制定应急与抢险救援措施。

公众电话交换网中的紧急呼叫业务,由于用户号码与物理位置存在一定绑定关系,很容易对呼叫用户定位。如美国911报警电话,借助呼叫用户的自动号码识别(Automatic Number Identification, ANI)和自动位置识别(Automatic Location Identification, ALI)功能,随时定位紧急呼叫用户并与其进行必要的通信,实现准确接警、快速处警。另外,公众移动通信网利用基站为发起紧急呼叫的移动用户提供位置信息,其定位精度通常与基站分布密度有关。

2. 互联网在应急通信指挥中的应用

利用互联网传统的Web浏览、电子邮件、即时消息、IP电话、IP视频通信等应用,能够在一定程度上提升应急通信指挥能力,如进行报警、信息发布、公众互救等应用。特别是随着移动互联网业务与新应用(如短信、微信、微博、飞信等即时通信、社交媒体等应用)的兴起和普及,将有助于利用和整合现有公网通信资源、公众和非政府组织(Non-government organization, NGO)的资源,作为应急通信指挥的新手段和有效补充。

从2013年5月1日起,“平安北京”微博报警纳入北京市公安局110指挥平台,现实社会与网络社会一体化指挥调度平台正式运行。在网络信息没有纳入110指挥平台之前,来自“平安北京”微博的各类警情还需要部门间电话通报,效率较低。利用“平安北京”微博报警作为传统110电话报警的补充,警方可在第一时间发现网络社会和现实社会中影响社会治安稳定的各类情况,第一时间进行同台指挥、联勤联动的应急指挥与处置。

在2013年中国“4.20”雅安地震期间,微信、微博等移动互联网新应用在实现现场

信息及时、透明、多渠道的互动方面,扮演了重要的角色。这主要是因为电话通常是人们应急通信的首选,为保证语音通信的实时性,公众电信网的电话通信采用电路交换模式,必须为其提供一对一的点对点专用通道,因此难以同一时间支持瞬时激增的应急话务量,导致电话无法拨通。微信、微博、短信等移动互联网新应用采用数据分组交换模式,具有共享通道、允许延迟发送等特点,既能利用公众电信网接入互联网,也能够利用无线局域网等其他手段接入互联网。可见,与电话相比,微信、微博、短信等移动互联网新应用的通信手段多样,且效率相对较高。

但是,互联网由于在设计之初没有考虑应急通信需求,在支持应急通信的网络结构、终端位置信息采集、紧急呼叫的路由寻址等方面存在很多技术挑战。例如,IP网络系统发起的紧急呼叫,如VoIP电话,与公众电话交换网、公众移动通信网发起的紧急呼叫不同,其精确的呼叫发起地址,如IP地址、MAC地址等,通常难以快速确定,时效性差。在美国,使用IP网络电话拨打“911”,接通的是电信运营商的紧急调度中心而不是应急处置部门,需要用户自己上网登记“911”服务请求,并填写地址、电话等个人信息,然后由电信运营商与用户所在地的应急处置部门联系。为此,美国联邦通信委员会于2005年颁布了对VoIP的管制政策,即《互联的VoIP提供商必须提供E911服务》。

3. 广播网在应急通信指挥中的应用

广播网在应急通信指挥中的应用主要包括广播预报或预警、现场实况广播等,能够及时传播突发事件信息。

4. 公网在应急通信指挥中应用的不足与改进方向

公网在应急通信指挥中应用存在一些不足与改进方向,具体如下所述。

(1) 容易产生网络拥塞

电信运营商出于经济和成本考虑,电话网(如固定电话网、移动电话网)通常基于“收敛比”原则进行容量设计,例如,固定电话网的收敛比是1:4,移动电话网的收敛比是1:20。当发生突发事件时,同一地区的大量用户同时发起呼叫,瞬间超过其设计容量,导致网络拥塞,甚至瘫痪(由于通信设备的过载控制设计有缺陷导致设备瘫痪)。

在2008年中国“5.12”汶川大地震期间,话务量爆炸式增长,如北京打往四川的话务量是平时的80倍,全国打进成都的话务量是平时的20倍等,导致多处核心交换机发生拥塞;中国联通阿坝公司的GSM和CDMA两网约200个基站瘫痪^[1]。

在2001年美国“9.11”恐怖袭击期间,纽约地区的移动电话拨打数量平均增加了400%,个别运营商增加了1000%,华盛顿也增加了125%,高峰时期电话阻塞严重,而这一时间段恰恰是公众、应急处置人员以及应急处置部门最需要通信保障的黄金时段。同时,由于世贸中心倒塌后,其内部部分电信网络设备被损毁,周边很多地区供电中断,

大量网络设备停止运行，这些都对通信保障能力带来极大的破坏^[2]。

公网增强控制系统对突发拥塞流量的处理能力，原则上可以阻塞一些突发话务量，而不导致网络瘫痪。采用过载控制技术，实现优先级控制，通过限制一些公众用户通信来保障应急处置部门通信畅通。另外，公网需适当扩充系统的话务负荷容量。未来，还可采用无线通信新技术，如基于认知无线电技术的动态频谱利用、网络或者终端的之间协同通信等，以应对网络负荷的瞬间增加压力。

（2）基础设施被损毁，网络生存性和抗毁能力不强

公网是商业性基础设施网络，网络物理节点和物理链路的生存性和抗毁能力不强，容易损毁。在 2008 年中国“5.12”汶川大地震期间，四川全省近 35% 的移动通信基站受损，西安至成都的 2 条长途光缆中断 1 条等。

公网需继续加强多路由、多节点和关键基础设施（如机房、油机、基站、铁塔、通信电杆等）的容灾体系建设，在地震、洪水等灾害多发地区建设具有高抗毁能力的网络基础设施，如超级基站，提高公网络的抗灾容灾与应急保障能力。

（3）支持重要用户的优先通信能力不强

目前，大多数国家的公网不支持重要用户的优先呼叫业务。从国际上看，公网优先服务首先推动的是语音业务，实现重要用户的优先呼叫。

随着无线移动通信技术不断演进以及物联网、移动互联网等新技术的不断应用，优先数据业务将成为未来公网优先服务的发展趋势。为保障应急数据信息及时有效地发送给现场处于不同区域的所有用户，未来将同时采用多种通信手段和通信机制，如小区广播应急短消息、微博、微信、移动 Web 访问、移动电子邮箱等。

3.2 卫星通信技术

卫星通信利用太空中的卫星实现无线信号的中继转发，具有覆盖范围广、通信距离远、受地理环境制约少、机动灵活等特点。为满足受地理环境制约少、快速部署、机动灵活等应急通信指挥需求，卫星通信是地面通信网络的重要补充和备份，是目前应急通信指挥系统的重要组成部分之一。

3.2.1 概述

卫星通信通常是指在地球站之间利用卫星作为中继站进行的无线通信。习惯上，将由卫星和各种卫星通信地球站组成的通信网络称为卫星通信系统。另外，为保证系统的

正常运行，卫星通信系统还必须配置跟踪遥测指令系统和监测管理系统，但二者与具体的通信业务无关。卫星通信系统的构成如图 3-1 所示。

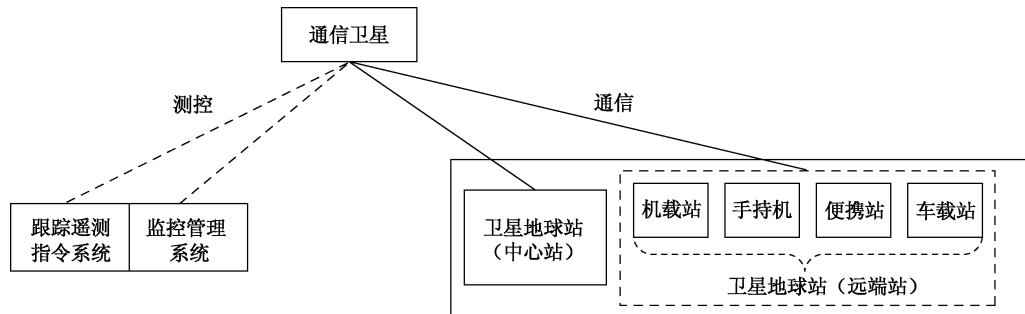


图 3-1 卫星通信系统的构成^[3]

(1) 卫星

卫星由空间平台和有效载荷两部分组成，实现卫星地球站间无线信号的中继转发。

(2) 卫星地球站

卫星地球站包括中心站和远端站，具体站型为固定站、机载站、手持站、便携站、车载站等。

(3) 跟踪遥测指令系统和监测管理系统

跟踪遥测指令系统对卫星进行跟踪测量，控制卫星准确进入定点位置，并对正常运行的卫星进行轨道修正、位置保持和姿态保持等控制。监测管理系统在业务开通前对卫星和卫星地球站的通信参数进行测定，业务开通后对卫星和卫星地球站的通信参数进行监视和管理。

ITU 发布的《卫星通信指南》中定义了 3 种卫星通信业务类型，包括固定卫星业务（Fixed Satellite Service, FSS）、移动卫星业务（Mobile Satellite Service, MSS）和广播卫星业务（Broadcast Satellite Service, BSS）。其中，固定卫星业务是利用卫星在固定站之间进行无线通信的业务；移动卫星业务是利用卫星在车辆、舰船、飞机等移动载体之间以及移动载体与固定站之间进行无线通信的业务；广播卫星业务是利用卫星向公众提供的无线广播业务。

固定卫星业务使用 C、Ku、Ka 频段，特点是通信频带较宽，可以支持宽带多媒体通信。移动卫星业务使用 L、S 频段，特点是通信频带较窄，主要支持语音和低速数据业务。广播卫星业务使用 C、Ku、Ka 频段，支持视频、音频直播。卫星通信的主要工作频段及业务类型如表 3-1 所示。可见，卫星通信采用微波波段频率，属于微波通信范畴。

表 3-1 卫星通信的主要工作频段及业务类型^[3]

频段名称	频率范围 / GHz	卫星通信业务类型
L 频段	1~2	移动卫星业务
S 频段	2~4	移动卫星业务
C 频段	4~8	固定卫星业务、广播卫星业务
Ku 频段	8~16	固定卫星业务、广播卫星业务
Ka 频段	26~36	固定卫星业务、广播卫星业务

卫星通信将向小型化、宽带化、移动化、综合化的方向发展，利用卫星还能够进行导航与定位、遥感成像等应用。

与微波通信等其他地面通信技术相比，卫星通信主要具有以下特点：

- ① 覆盖区域广，通信距离远；
- ② 受地理环境制约少；
- ③ 机动灵活，部署快捷。

3.2.2 卫星通信技术在应急通信指挥中的应用

为满足受地理环境制约少、快速部署、机动灵活等应急通信指挥需求，依靠传统的地面通信网络往往无法实现，卫星通信是用于广域应急通信指挥的主要手段。

1. 卫星通信技术在应急通信指挥中的应用

根据卫星通信的业务类型，它在应急通信指挥中的应用主要包括固定卫星业务、移动卫星业务和广播卫星业务。卫星通信技术在应急通信指挥中的应用如图 3-2 所示。

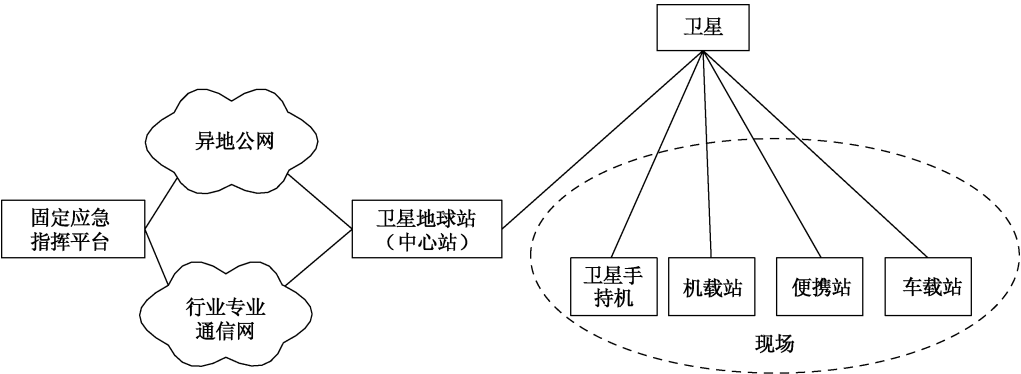


图 3-2 卫星通信技术在应急通信指挥中的应用

(1) 固定卫星业务

固定卫星业务的应用方式主要为综合接入和中继备份^[4]。综合接入为现场的语音、数据、图像、视频等多媒体业务提供通信接入通道。中继备份通常要求支持不小于 2 Mbps 的中继传输带宽,作为现场与后方固定应急指挥平台之间的广域中继通信链路,以及现场机动平台之间、现场机动平台与单兵之间等的区域中继备份。

固定卫星业务的实现方式主要为“静中通”和便携站,均采用甚小口径终端(Very Small Aperture Terminal, VSAT)。“静中通”通常由机动的物理平台承载,如应急通信车、应急指挥车等,在静止状态下展开天线并对准卫星后实现通信。便携站用于交通中断导致机动平台无法进入的现场,通常由单兵携带至现场,自行开通和控制,可外接多种通信终端和备用电源。

(2) 移动卫星业务

移动卫星业务的应用方式主要为语音和数据通信业务。移动卫星业务的实现方式主要为“动中通”和卫星手持机。

“动中通”与“静中通”主要区别在于卫星通信子系统方案,如低轮廓天线、稳定的移动卫星信号伺服跟踪系统等,确保在运动状态下天线对卫星转发器的持续跟踪能力,其他应用系统、承载平台选择和改造方案基本相同。“动中通”卫星通信系统能安装在应急车、舰船、直升飞机等机动平台,且在运动状态下提供通信能力,“动中通”通信带宽从 100 bps~4 Mbps 不等,因此该系统在应急通信领域中很受欢迎。

- 第一阶段,前往现场迅速开通,选择便携、低功耗的小型双向动中通卫星天线,主要提供语音通信功能。
- 第二阶段,展开救援,选择低轮廓的宽带双向动中通天线,除提供语音通信外,还提供多媒体与数据通信功能。

卫星手持机的卫星移动通信系统主要利用海事卫星系统、新一代海事卫星宽带全球网(Broadband Global Area Network, BGAN)终端(传输速率最高达 492 kbps)、全球星系统、铱星系统等,实现个人移动通信。卫星手持机是在重大突发事件现场体现应急通信指挥时效性的重要工具。在 2008 年中国“5.12”汶川大地震期间,汶川利用海事卫星电话向外界传出了第一个求救信息。

(3) 广播卫星业务

广播卫星业务主要用于向公众发布预警、事件进展通报等信息。

2. 卫星通信技术在应急通信指挥中应用的不足与改进方向

卫星通信在应急通信指挥技术体系中占据重要地位,但它在应急通信指挥系统中的应用也存在一些不足与改进方向,具体如下所述。

（1）可用带宽有限，宽带传输能力不强

卫星通信的可用频谱资源有限，对传统的 C、Ku 等频段的应用日益拥挤。为应急通信指挥临时开通的可用带宽通常只有 2~4 Mbps，而且为避免邻道干扰，需要足够的保护带宽，因此实际可利用带宽会更小。卫星通信主要提供语音和低速数据业务，对图像和视频业务的传输质量不高。

卫星通信将进一步扩展宽带应急通信指挥应用，如利用更高更宽的 Ka 频段、研制新型的宽带 VSAT 卫星通信系统等，提升现场固定和移动卫星应急通信指挥系统的宽带传输能力。

（2）卫星通信信号传输延迟大，“回声效应”干扰明显

卫星通信信号的传输延迟主要由地球静止轨道（Geostationary Orbit, GEO）卫星通信系统产生，如 VSAT 系统、海事卫星系统等。GEO 卫星距离地球表面的距离约为 38 000 km，距离远，单跳延迟（地球站→卫星→地球站）约为 0.27 s。因此，利用卫星通话听到对方应答的等待时间约为 0.54 s，“回声效应”干扰明显。

卫星通信将继续改善在应急通信指挥中应用的通信质量，采用“欺骗”TCP、选择性重复确认等 GEO 卫星专用通信协议，减小信号传输延迟；通过增加专用设备，如回声解调器，消除或抑制回声干扰。同时，继续发展低轨道（Low Earth Orbit, LEO）卫星通信系统，研究卫星移动通信关键技术，包括系统技术、卫星技术和终端技术，提升移动卫星应急通信指挥能力。

（3）卫星通信存在“雨衰效应”，降雨时易导致通信中断

卫星通信系统因 Ku、Ka 频段上固有的高频传播特性，受降雨衰耗的影响较大，降雨时易导致通信中断。

卫星通信若采用受雨衰影响非常小的低频段，如海事卫星系统使用 L 频段，将能保证卫星应急通信指挥系统在现场不受恶劣天气（尤其是雨季）的影响。

（4）卫星通信网与公网的互连互通能力不强

卫星通信使用成本高、专用性强、部署相对独立，应用局限于山区、戈壁、沙漠、海洋等偏远地区，与公网的互连互通能力不强。在重大突发事件现场，由于公网的基础设施往往严重损毁，而且缺少卫星通信备份链路，导致很长一段时间内存在“信息孤岛”的情况。

卫星通信网将加强与公网的融合，作为公网的应急通信备份链路，二者相互补充和支撑，构建立体的防灾应急通信指挥体系。例如，中国移动在全国受灾多发地建设了超级基站，能够在公网传输线路损毁中断后自动及时切换至卫星传输通道，保证应急通信业务的连续性。

3.3 集群通信技术

集群通信（Trunking Communication，TR）是一种专用的无线移动通信技术，以指挥调度业务为主，具有快速呼叫、群呼组呼、强插强拆、优先呼叫、脱网直通等特点。为满足多个应急处置部门间高效联动、重要用户优先呼叫等应急通信指挥需求，集群通信是在现场进行无线指挥调度和应急联动的有效手段。

3.3.1 概述

集群通信利用集中控制方式，使多个用户动态共用有限的无线信道资源，支持重要用户强插或强拆正在进行的通话，提高通信容量和无线信道利用率。

集群通信系统主要由集中控制系统、调度台、基站、移动台以及与公众电话网相连接的若干条中继线组成。集群通信系统的构成如图 3-3 所示。

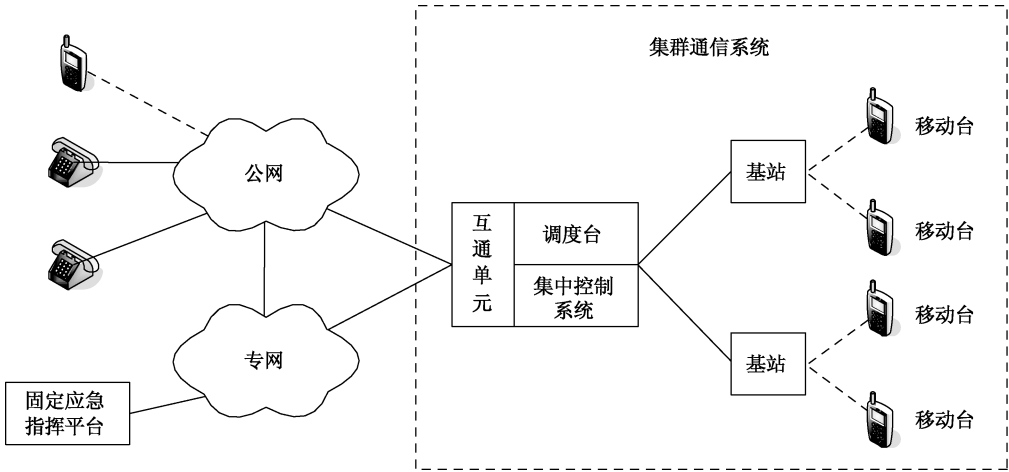


图 3-3 集群通信系统的构成^[5]

(1) 集中控制系统

集中控制系统是集群通信系统的核心，主要用于鉴权、控制和交换。无论是移动台呼叫调度台，还是调度台呼叫移动台，或移动台呼叫公众电话网用户，必须在集中控制系统中进行交换，并根据业务需要动态分配无线信道。

(2) 调度台

调度台对移动台进行指挥、调度和管理，包括有线和无线两种调度台。

(3) 基站

基站根据用户对集群通信的业务需求，包括多区和单区两种组网模式，二者的基本功能相同。多区组网采用多个基站，通信容量大、覆盖面大，设备组成复杂。单区组网采用单个基站，通信容量小、覆盖面积小，设备组成简单。

(4) 移动台

移动台是用于在移动或者固定状态下进行通信的用户终端，包括车载台、便携台、手持机等。

集群通信已从传统的具有业务单一、设备体积大、保密性差等特点的模拟制式逐步发展为目的的具有多业务、设备小型化、安全加密、脱网直通等特点的数字制式。在现有的数字集群通信标准中，TETRA 和 iDEN 在国际上应用较为广泛。另外，中国也在大力发展数字集群通信系统，已规模商用的系统如基于 GSM 的数字集群通信系统（GT800）、基于 CDMA 的数字集群通信系统（GoTa），以及正在推动的基于 TD-SCDMA 的宽带数字集群通信系统。

与公众移动通信相比，集群通信主要具有以下特点：

- ① 采用单工或半双工方式通信，任意两用户之间的通信只占一个无线信道，无线信道动态分配，利用率高；
- ② 以语音通信为主，通常采用一键通（Push-to-Talk，PTT）方式，接续速度较快；
- ③ 通话建立时间短，一般为 300～500 毫秒，呼叫快速；
- ④ 服务对象为集体用户，而且支持用户具有不同的优先等级；
- ⑤ 支持强插强拆、脱网直通等特殊指挥调度功能。

集群通信与公众移动通信的比较如表 3-2 所示。

表 3-2 集群通信与公众移动通信的比较

	集 群 通 信	公众移动通信
用途	专用指挥调度	公众通信
服务对象	集体用户	个人或集体（PoC 方式）
系统组合	集体（群组）为主、个人为辅	个人为主、集体为增值业务（PoC 方式）
接通速度	300～500 毫秒	约数秒
组网方式	大区制、宏蜂窝覆盖	大多数为小区制、微蜂窝覆盖
工作方式	单工、半双工、少量全双工	全双工、少量半双工（PoC 方式）
功能	有优先级、组呼、强拆、强插等	无优先级、无调度功能
移动终端类别	手持机、车载台等移动台	大多数为手机
通话时间	调度通话时间短，一般为几十秒	没有限制
加密	加密等级高	一般性安全通信

资料专栏	集群通信 对讲机 PoC
<p>集群通信、对讲机和公网中的 PoC（PTT over Cellular，简称 PoC）都采用 PTT 方式，但也存在较大差异</p> <ul style="list-style-type: none">● 对讲机是用于点对点或者点对多点的无线语音设备。一组用户使用相同的工作频率，只要开机接通电源，就在指定的频点上处于接收状态。组内用户按下 PTT 键讲话，其他用户即可以收听。对讲机不需要经过其他设备或者系统转接，通话几乎是实时的● 集群通信是专用移动指挥调度通信系统，用户的接续必须由系统集中控制。用户按下 PTT 键后由控制交换中心负责接续，通话的接续时间和控制方式有关● 2G 的 CDMA 网和 GSM 网中的 PTT（简称 PoC）属于公网中的一种增值业务，需要在分组域中将数据分组交换后完成通信，通话的接续时间较长 <p>另外，目前的即时通信工具，如微信，也能够提供 PTT 业务，但中间间隔时间较长。</p>	

3.3.2 集群通信技术在应急通信指挥中的应用

为满足多应急处置部门高效联动、重要用户优先呼叫等应急通信指挥需求，集群通信是在现场进行无线指挥调度和应急联动的有效手段。

1. 集群通信技术在应急通信指挥中的应用

集群通信的快速呼叫、群呼组呼、强插强拆、优先呼叫、脱网直通等特点，特别适用于城市应急联动以及现场应急通信指挥。集群通信技术在应急通信指挥中的应用如图 3-4 所示。

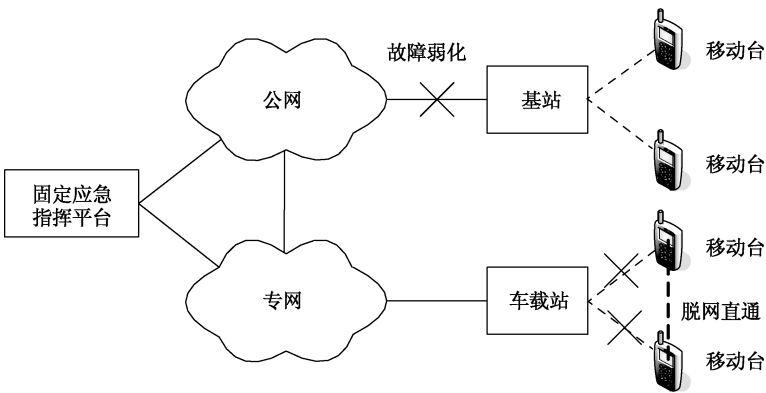


图 3-4 集群通信技术在应急通信指挥中的应用

(1) 集群应急通信指挥调度平台的应用

多个固定集群基站采用多区组网方式实现城市中心及周边地的无线覆盖，能够将公安、交警、消防、急救等重要部门纳入统一的城市固定应急联动平台。另外，集群车载台、便携台、手持机等用户终端通常能够第一时间进入现场，快速开通，进行移动通信

指挥调度。

另外，集群政务共网可按服务需求，设置若干政府应急联动或行业调度的 VPN 系统。该系统支持网管虚拟专网功能，即可由各部门的用户管理员管理自己的用户，进行功能配置，如调度通信、数据通信等。不同部门间彼此互不干预，在管理终端上也看不到其他 VPN 用户的信息和资料，相当于彼此独立的网络。每个 VPN 的管理权限和范围由系统超级管理员设定。

（2）集群应急呼叫的应用

集群应急呼叫允许群组内跨部门用户之间的通话，允许优先级高的重要通话强插强拆优先级低的通话，允许语音呼叫动态分组，允许集群用户与公网用户通话，提升应急联动能力。

（3）集群通信的抗毁性应用

集群通信系统具有故障弱化功能，在基站与集中控制系统断开连接的情况下，以单站模式继续维持基站内的通话。同时，若基站发生故障，集群通信终端之间能够像对讲机一样脱网直接完成无线通话。

目前，英国针对警察部门开发的集群通信项目“Airwave”，已成为集群通信在应急通信指挥中的应用典范^[6]。该项目基于 TETRA 数字集群通信标准，在全国建成 3 500 多个基站（包括直升机机载应急基站），7 个大区交换机。全英 54 支警察队伍都有自己的调度台，调度台总数超过 4 500 个，全网用户超过 20 万。该系统的特色应用包括：利用网络通话统计数据，分析掌握警察的工作模式和工作状态；利用先进的语音识别技术、数据库查询技术、定位技术，并结合 Airwave 网络提供的功能，建立“警用语音门户(Police Voice Portal, PVP)”；使用统一规范的电台用语进行跨部门交流；构建第三方开发合作平台，共同开发基于数字集群网络的移动数据应用。

2. 集群通信技术在应急通信指挥中应用的不足与改进方向

随着应急通信指挥对宽带多媒体业务需求的显著增加，TETRA、iDEN 等数字集群通信系统也逐渐显示出在应急通信指挥系统中应用的一些不足与改进方向，具体如下所述。

（1）传统集群通信系统数据速率低，不支持多媒体业务

传统的集群通信系统主要基于第二代窄带数字集群通信技术，仅支持语音和低速数据业务，无法实现多媒体集群调度、无线视频监控、定位等多媒体应急通信指挥新应用。

集群通信将由传统的窄带集群标准和技术向宽带多媒体集群标准和技术演进，发展宽带数字集群通信系统，如研发基于 LTE 的集群通信系统，满足多媒体应急通信指挥新

应用对数据宽带化、业务多样化、终端多模化、系统 IP 化、按需服务的需求。

(2) 单站模式下无法跨站通信

单站模式下，同一基站覆盖范围内的用户能够进行通话，可以实现组呼。但不同的基站彼此孤立，用户无法跨站通信，即不能与其他基站内的用户通信，影响应急通信指挥效率。

集群通信正在研究单站模式下实现多基站应急通话组的组呼方法。目前，无线链路派接技术是一种实现 TETRA 数字集群通信系统在单站模式下跨站通信的有效手段。该技术利用无线电台在单站间自动建立无线链路，实现跨站组呼。

3.4 短波通信技术

短波通信利用天波或者地波传播无线电信号，具有发射功率小、传输距离远、组网快速灵活、抗毁能力强等特点。短波通信是在极端情况下，用于应急通信指挥的必备手段。

3.4.1 概述

短波通信，也称高频通信，主要利用天波和地波传播 3~30 MHz 波段的无线电（波长为 10~100 m）进行无线通信。短波通信系统一般由发信机、收信机、天馈线、电源和终端设备等组成。在实际工程中，也把中频的高频段（1.5~3 MHz）归到短波波段中。无线电的波段划分及主要用途如表 3-3 所示。

表 3-3 无线电的波段划分及主要用途

名称	甚 低 频	低 频	中 频	高 频	甚 高 频	超 高 频
缩写	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF
频率	3~30 kHz	30~300 kHz	0.3~3 MHz	3~30 MHz	30~300 MHz	0.3~300 GHz
波段	超长波	长波	中波	短波	超短波	微波
波长	1~100 km	1~10 km	100 m~1 km	10~100 m	1~10 m	1 mm~1 m
传播特性	空间波为主	地波为主	地波与天波	天波与地波	空间波	空间波
主要用途	海岸潜艇通信、远距离通信、超远距离导航等	越洋通信、中距离通信、地下岩层通信、远距离导航等	船用通信、业余无线电通信、移动通信、中距离导航等	远距离短波通信、国际定点通信等	电离层散射通信、流星余迹通信、人造电离层通信、对空间飞行器通信、移动通信等	地面微波通信、对流层散射通信、卫星通信等

短波利用天波反射实现远距离通信。天波发射是信号由天线发出后射向电离层，经电离层反射回地面，又由地面反射回电离层，可以反射多次，不受地面障碍物阻挡，因而传播距离很远（几百至上万千米）。

短波利用地波实现短距离通信。当地面障碍物与地波的波长相当时，容易阻挡无线电传播，导致短波最多只能沿地面传播几十千米。短波传播示意图如图 3-5 所示。

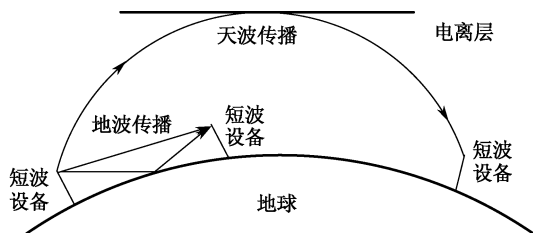


图 3-5 短波传播示意图

短波通信固有的不足，如频段窄、多径传播、信道差等，使其通信质量不高，导致短波通信技术的应用不广泛，仅局限于军事通信应用。但是，短波通信的自主性比卫星通信更强，而且经济实用。特别是随着第三代短波通信网的组建，采用了一些短波通信新技术，如异步 / 同步组网技术、软件无线电技术等，使短波通信的应用提高到了一个新的水平^[7]。

短波通信主要具有以下特点：

- ① 灵活机动，不需要建立中继站即可实现远距离通信；
- ② 设备简单、体积小，支持车载、舰载、机载或背负移动通信；
- ③ 组网快捷，只需预先设置相同频率，便可实现通信；
- ④ 支持自适应跳频以躲避恶意干扰和窃听；
- ⑤ 传输介质电离层不易遭受破坏，抗毁能力强。

3.4.2 短波通信技术在应急通信指挥中的应用

短波通信是在极端情况下（如卫星通信系统损毁），为满足不受网络枢纽和有源中继制约的应急通信指挥需求，用于应急通信指挥的必备手段。

1. 短波通信技术在应急通信指挥中的应用

短波通信技术主要用于现场短距离快速组网以及与现场外的广域应急通信指挥，支持语音和低速数据业务。短波通信技术在应急通信指挥中的应用如图 3-6 所示。

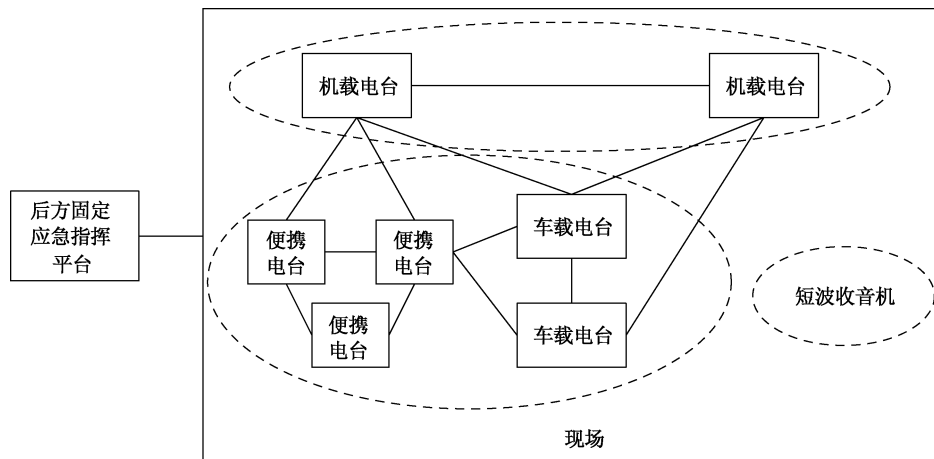


图 3-6 短波通信技术在应急通信指挥中的应用

(1) 短波应急电台

短波应急电台对准频率后即可通信，通信链路建立快，能够在现场进行短距离通信以及与后方的固定应急指挥平台进行广域通信。根据应急通信的用途，短波应急电台分为便携式、机动式（如车载、舰载、机载等）和固定式电台。便携式电台主要用于保障现场单兵的通信；机动式电台主要用于进行移动应急通信指挥，并作为现场与后方的通信枢纽；固定式电台主要用于保障后方与现场的通信。

另外，利用短波应急电台，组建短波应急通信网，保障现场区域以及与后方的通信。

(2) 短波收音机

短波收音机能够使应急处置部门对现场公众进行信息发布，包括预警信息、事件进展通报、自救指导、安抚信息等。例如，日本几乎每个家庭都已将收音机作为家庭防灾的常备紧急物品，在地震、海啸等灾害发生时收听紧急广播。

2. 短波通信技术在应急通信指挥中应用的不足与改进方向

短波通信技术在应急通信指挥系统中的应用存在一些不足与改进方向，具体如下所述。

(1) 短波通信可用频段窄，通信容量和传输速率小

短波通信的可用频段窄（只有 28.5 MHz），规定每个信道占用 3 kHz 带宽，最高传输速率为十几 kbps，仅支持语音和低速数据业务。

未来，短波通信将在现有标准和技术的基础上，如美军 MIL STD 188 110 系列短波通信标准，研究高速率宽带短波通信关键技术^[8]。在卫星通信和其他地面通信手段损毁

的情况下,充分发挥短波固有的远距离通信特性,提高其支持语音、数据、图像、视频等多媒体综合业务的能力。目前,最新的 MIL STD 188 110C 标准采用宽带数据传输技术,最大带宽为 24 kHz,最高传输速率达 120 kbps。在短距离通信时,通常选择频宽更大的超短波替代短波通信。

(2) 短波通信受电离层电子扰动和多径效应影响大

短波利用天波传输时因电离层有时会出现不稳定状态,使反射路径发生变化,引起接收端接收信号强度的波动甚至造成瞬时中断。另外,短波通信由于路径衰耗、时间延迟、多径效应等因素,同样会造成信号的衰落和畸变,影响通信效果。

短波通信将不断采用新的抗干扰技术,如信道编码、基于多天线的空间分集、软件无线电等,提升通信的可靠性。

3.5 微波通信技术

微波通信是利用微波作为载体并采用中继转发的地面无线通信技术,具有容量大、建设周期短、抗灾能力强等特点。为满足现场大容量信息的宽带中继传输需求,微波通信作为一种临时的备份无线广域、区域中继传输手段,已普遍应用于地面应急通信指挥系统。

3.5.1 概述

微波通信利用微波(微波频段划分见表 3-3)的地面视距传输特性,采用中继站转发方式实现无线通信。为满足微波沿地面直线视距传播的特点,考虑到地球曲率半径以及空间传输损耗的影响,一般在平原地区,当天线高架 50~60 m 时,最大通信距离约为 50 km(利用更高天线塔或山区地形地貌其通信距离还可加大,甚至单跳的距离可达 100 km)。因此,为实现远距离通信,必须每隔 50 km 左右设置一个微波中继站,以中继转发方式将来自上一微波中继站的无线电波信号放大再转发至下一微波中继站。

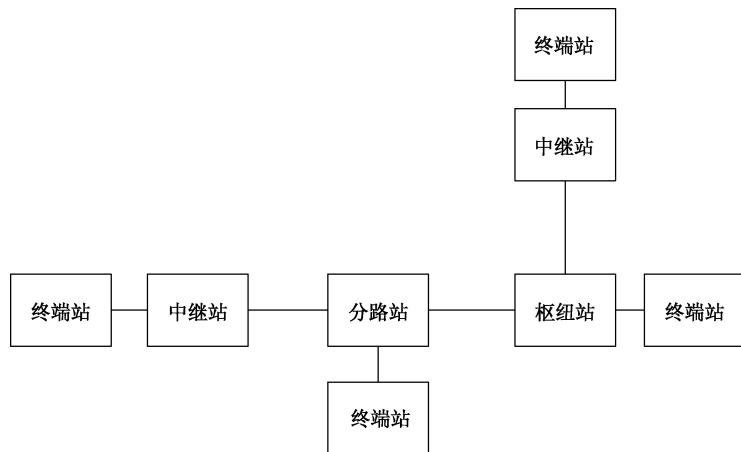
微波通信系统由一系列微波站构成,包括终端站、中继站、枢纽站和分路站。微波通信系统如图 3-7 所示。

(1) 终端站

处于线路两端的微波站,仅在一个方向收发,采用不同的收发频率。

(2) 中继站

线路中间的转接站,将收到的微波信号放大后转发,便于在下一中继段进行传输。

图 3-7 微波通信系统的构成^[9]

（3）分路站

除具有对接收信号放大、转发的中继站功能外，还能将信道上传送的多路信号中的部分话路分离出来，并插入相同路数的新话路，以实现远距离传输的区间通信功能。

（4）枢纽站

两条以上的微波线路交叉的微波站，它可以从几个方向分出或加入话路或电视信号，实现两条链路上信号或部分信号的交叉传输连接。

近年来，随着数字化微波通信技术的不断发展，数字微波通信已具有一定的抗干扰、保密性、设备体积小等特性。

微波通信技术主要具有以下特点：

- ① 工作频段高、波长短，天线容易实现高增益；
- ② 通信频带宽，容量大，支持宽带多媒体传输；
- ③ 可靠性、稳定性好，基本不受天电干扰、工业干扰和太阳黑子变化的影响。

3.5.2 微波通信技术在应急通信指挥中的应用

为满足现场大容量信息的宽带传输需求，微波通信作为一种临时的广域、现场区域中继传输手段，已普遍应用于地面应急通信指挥系统。目前，微波通信技术主要应用于干线光纤传输的备份和补充，以及其他不适合使用光纤或者卫星通信的场合，解决城市与城市之间、地区与地区之间大容量信息的传输问题。

1. 微波通信技术在应急通信指挥中的应用

微波通信主要用于在现场作为语音、数据、图像、视频等多媒体综合业务的无线中

继传输通道。

在现场临时部署固定或车载微波中继站，能够快速建立临时中继通信或替代被毁的光缆、电缆等传输线路，将现场的语音、数据、图像、视频等多媒体业务回传至现场外的应急指挥平台。

2. 微波通信技术在应急通信指挥中应用的不足与改进方向

微波通信技术在应急通信指挥系统中的应用存在一些不足与改进方向，具体如下所述。

(1) 相邻的微波中继站之间要求“视距”通信，无法实现快速的远距离通信。

微波中继站无法绕过高山、高层建筑等障碍物，在现场使用和维护大量微波中继站会耗费一定的人力和物力。

微波通信将加强对散射通信手段的应用，充分发挥高层大气的散射作用，在现场快速实现超视距、大容量的远距离通信。

(2) 点对点微波通信对天线的方向性要求高

点对点微波通信一般采用定向天线，定向天线把电磁波聚集成很窄的波束，使其具有很强的方向性，两点间天线通常难以快速精确对准。

微波通信将不断加强点对多点微波通信系统的应用。系统中心站采用全向天线，在 50 km 内能够与多个用户站通信，系统总容量可达 100 线、500 线和 1 000 线等。用户站可分配十几或数十个电话用户。

3.6 遥感技术

遥感是一门综合性的空间信息科学，利用仪器无接触、远距离地探测、记录、分析目标的电磁辐射信息，生成图像、磁带等遥感资料，最后通过解译这些资料而识别目标。在应急处置过程中，遥感能满足对有害气体、水污染、灾害地质等环境监测以及危险目标远距离侦查等需求，是能从不同的时空维度提供现场信息的重要手段。

3.6.1 概述

遥感 (Remote Sensing, RS) 是指在远离被测物体或现象的位置上，使用一定的仪器设备，接收、记录物体或现象反射或发射的电磁波信息，经过对信息的传输、加工处理及分析与解译，对物体及现象的性质及其变化进行探测和识别的理论与技术。从遥感的定义可知，遥感的基本过程主要包括：

首先，在距目标几米至几千千米的距离以外，利用遥感平台搭载遥感器，接收遥感目标反射、散射和发射来的电磁辐射能量，以图像胶片或数字磁带形式进行记录。进而，将上述记录的信息传送到地面接收站，接收站把这些遥感数据和胶片进一步加工成遥感资料，如常用的航空像片、卫星数字图像等。最后，从遥感资料中获取与既定应用目的有关的专题信息，如遥感目标的成分、状态、几何结构等。

可见，遥感是一个接收、传送、处理和分析遥感信息，并最后识别目标的复杂技术过程。遥感技术系统一般由遥感平台、遥感器、遥感数据接收与处理系统、遥感资料分析与解译系统四部分组成，遥感过程与技术系统如图 3-8 所示。

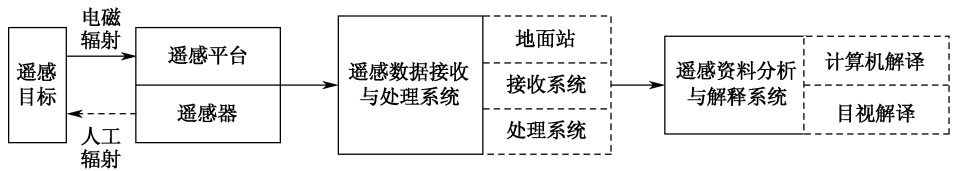


图 3-8 遥感过程与技术系统

(1) 遥感平台

遥感平台是搭载遥感器的各种工具，主要包括车、船、热气球、飞机、卫星、飞船等。按平台距离地面的高度，遥感平台可分为航天平台、航空平台和地面平台三类。常见遥感平台如表 3-4 所示。

表 3-4 常见遥感平台^[10]

	遥感平台	高 度	目的和用途	其 他
航天	静止卫星	36 000 km	定点地球观测	气象卫生（GMS）等
	地球观测卫星	500~1000 km	定期地球观测	Landsat, SPOT 等
	航天飞机	240~350 km	不定期地球观测空间试验	
	返回式卫星	200~250 km	侦查与摄影测量	
航空	无线探空仪	100 m~100 km	各种调查（气象等）	
	高高度喷气机	10 000~12 000 m	侦查与大范围调查	
	飞艇	500~3000 m	空中侦查、各种调查	
	直升机	100~2000 m	摄影测量、各种调查	
	无线遥感飞机	500 m 以下	摄影测量、各种调查	飞机、直升机
	牵引飞机	50~500 m	摄影测量、各种调查	牵引滑翔机
	系留气球	800 m 以下	各种调查	
地面	索道	10~40 m	遗址调查	
	吊车	5~50 m	近距离摄影测量	
	地面测量车	0~30 m	地面实况调查	车载升降台

航天平台一般位于海拔 80 km 高度以上,主要包括高空探测火箭、人造地球卫星、宇宙飞船、空间轨道站和航天飞机等。航空平台悬浮在海拔 80 km 以下,主要包括飞机、气球两大类。地面平台高度一般在 100 m 以下,主要包括置于地面和水上的车、船等。

在遥感应用中,不同高度的遥感平台可单独使用,如典型的卫星遥感系统,也可互相配合使用组成立体遥感观察网。不同高度的遥感平台,能够获得不同面积、不同分辨率、不同特点、不同用途的遥感数据。

(2) 遥感器

遥感器是用于获取目标的电磁辐射信息的器件。遥感器的核心部分是对不同波段的电磁辐射敏感的各种传感器,如常用的摄影机、摄像仪、扫描仪、雷达、光谱辐射计等,以及用于电磁辐射收集、处理、输出等的辅助设备。遥感器的一般构成及工作流程如图 3-9 所示。

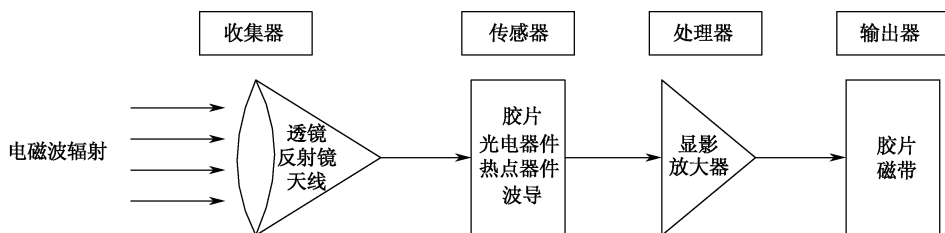


图 3-9 遥感器的一般构成及工作流程

按照不同的分类标准,遥感器存在多种分类方式,具体如下所述。

- 按电磁波辐射来源分类:分为主动式遥感器(如雷达、闪光摄影等)和被动式遥感器(如光辐射、热辐射和微波辐射)。
- 按遥感器的成像原理和所获取图像的性质不同分类:分为摄影机、扫描仪和雷达。
- 按遥感器对电磁波信息的记录方式分类:分为图像方式遥感器(如被动式的光学摄影、电子扫描、光机扫描、固体自扫描以及主动式的雷达等)和非图像方式遥感器(如磁带)。
- 根据传感器接收的电磁波谱分类:分为可见光遥感(如摄影机、扫描仪、摄像机等)、红外遥感(摄影机、扫描仪等)、微波遥感(扫描仪、微波辐射计、雷达、高度计等)、多光谱遥感(多光谱摄影机、多光谱扫描仪、反束光导管摄像仪等)、紫外遥感等。

几种典型的遥感器性能比较,如表 3-5 所示。其中,遥感传感器的空间分辨率、物理分辨率等性能指标是提升遥感能力的关键。

表 3-5 几种典型的遥感器性能比较^[10]

性能\遥感器	可见光相机	热红外扫描仪	微波合成孔径雷达
日夜工作	5	10	10
全天候工作（穿透云、雾、雨）	1	2	10
探测水下深度	5	1	1
探测地表以下深度	1	5（地热）	8（干沙、干冰）
地面分辨率	9	7	9
物质成分分辨率	9	4	6
温度分辨率	5	10（热惯性）	10
导电率分辨率	1	1	10
几何逼真程度	10	7	10
立体能力	10（像对）	5，8（像对）	10
远距离能力	7	4	10
判断运动目标	5	7	9
图像解译难易程度	10	6	8
装备的难易程度	10	9	4

*注：表中数字表示效果好坏的程度，1 为效果最坏，10 为效果最好

（3）遥感数据接收与处理系统

遥感数据接收与处理系统主要包括地面站、接收系统和处理系统等，用于接收和处理从遥感平台传送来的图像胶片或数字磁带，经加工后生成遥感资料。

遥感资料主要具有图像和磁带两种形式。遥感图像便于目视解译，主要包括摄影像片、扫描图像和雷达图像等，其中航空像片和卫星数字图像是最常用的遥感资料^[11]。磁带便于计算机解译，可提高解译速度和精度。图像和磁带形式的遥感资料可相互转化，同时运用，取长补短。

（4）遥感资料分析与解译系统

遥感资料分析与解译系统主要通过计算机解译或目视解译的方式将遥感资料进行分析、研究、判断解译，从中提取有用信息，并将其解译成与既定应用目的有关的专题信息。遥感技术具有以下主要特点。

① 非接触式或者远距离观测。

对人类难以到达或具有危险性的区域的非接触式或者远距离观测，如森林火灾、洪水、地势险恶、气候恶劣等地区。

② 遥感视场大、信息丰富、效率高。

③ 及时反映目标的现状变化。

④ 遥感数据连续反映目标演化过程中的时空变化，如卫星遥感。

3.6.2 遥感技术在应急通信指挥中的应用

为快速获取现场信息，特别是一些人类难以到达或具有危险性的区域，遥感是目前用于对有害气体、水污染、灾害地质等环境进行监测，对人、物等危险目标进行远距离侦查的重要手段，能够从不同的时空维度提供决策所需的现场信息。

1. 遥感技术在应急通信指挥中的应用

利用航天、航空以及地面三种不同高度的遥感平台，可形成天、空、地一体化的立体遥感观察网。一种典型的应急现场立体遥感观察网如图 3-10 所示。在实际应用中，针对不同突发事件性质及其事态发展时间阶段，可综合利用一种或者多种遥感方式。

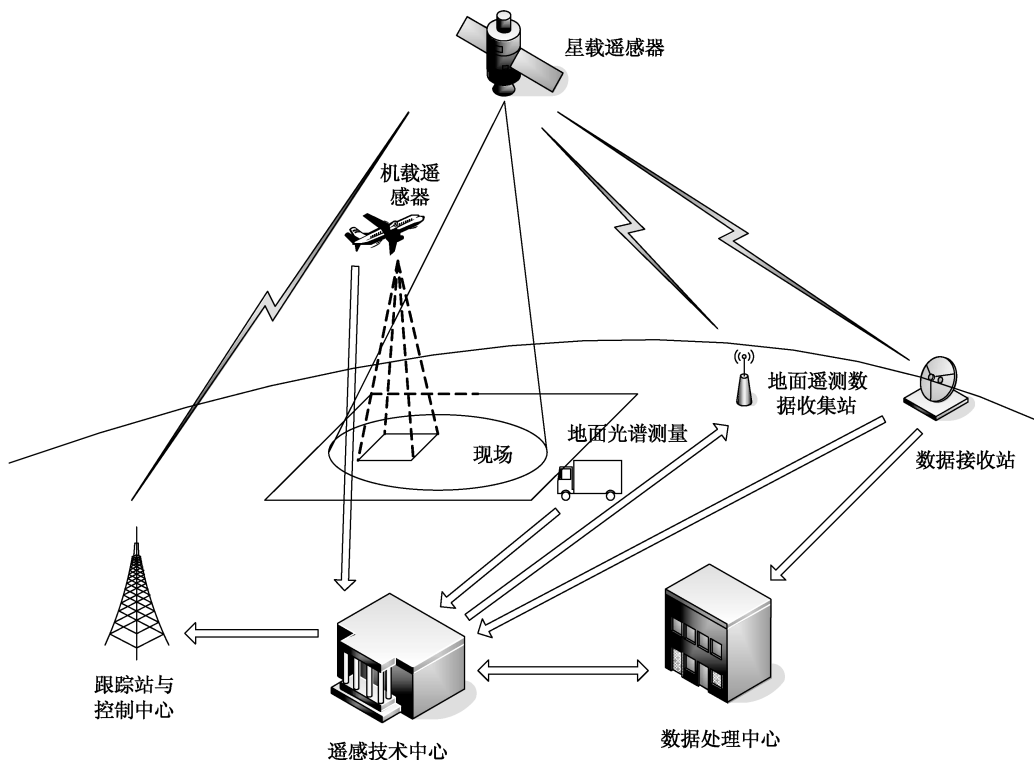


图 3-10 一种典型的应急现场立体遥感观察网^[10]

一般来说，遥感技术系统应用于重大突发事件，大致分为三个阶段：事前提供灾前历史地理信息，事中提供用于灾后紧急救援的地理现状图，事后提供次生灾害监测、灾

后评估和重建的地理信息。例如,2013年中国“4.20”雅安地震发生后,中国国防科技工业局紧急启动卫星遥感监测,对雅安地区的卫星遥感数据进行成像,同时向地震局、国家减灾委员会和测绘地理信息局等有关部门提供震前中国卫星拍摄的灾区图片,并根据遥感存档资料编制三维影像图。在地震发生后一个多小时,一架原计划执行汶川灾区灾后遥感监测任务的小型飞机,飞抵雅安灾区上空,利用机载光学传感器记录了5 000平方千米地面受损状态,迅速为国家减灾委员会等部门提供了灾区破坏状况的第一手航空遥感资料,为灾后救援提供了图像数据。

2. 遥感技术在应急通信指挥中应用的不足与改进方向

遥感技术在应急通信指挥技术体系中占据重要地位,但它在应急通信指挥系统中的应用也存在一些不足与改进方向,例如,遥感局限于电磁辐射,而且遥感空间和精度受限于电磁波对地物的穿透能力。

遥感技术系统的未来发展趋势主要包括:

① 实现遥感传感器的全天候、全天时的工作能力,提高信息获取手段和提升高精度观测能力。

② 实现跨学科、跨领域的协同工作和综合分析能力,特别是遥感技术应用与灾害信息业务的整合分析能力。

③ 实现遥感信息系统、地理信息系统、全球定位系统在防灾减灾系统和反恐系统中的综合集成应用。

最后,对遥感信息的共享、整合、提升,需要在管理体制上创新,建立相应的政策法规。建立跨部门(如国土资源部、国家测绘局等)及军民间的遥感信息共享技术标准和共享服务机制,进而实现对遥感信息和其他区域信息(地理空间信息、资源环境信息、社会经济信息等)的整合,充分运用网络与云计算等新技术,对信息资源进行重组和优化,促进信息综合利用。在此基础上,建立国家综合减灾和风险管理信息共享平台。

3.7 计算机电话集成技术

计算机电话集成(Computer Telephony Integration, CTI)技术就是通过软件、硬件接口及控制设备把电话通信和计算机信息处理集成在一起,以实现对话音、传真和数据通信的控制和综合应用,将电话通信功能和计算机的数据处理功能融合在一起,方便开发,提供更多的通信增值能力和业务。

CTI技术一方面使基于计算机系统的CTI业务与电话呼叫控制分离,从而能够独立于电话通信系统进行增值业务与应用开发;另一方面又使电话交换与计算机控制实现信

息共享,计算机的 CTI 应用系统通过特定交换机的 CTI 链路,实现后台计算机对交换机进行呼叫控制和呼叫状态传递,并且可以控制电话交换机的电话呼叫、接续和中继线分配等,实现灵活的呼叫管理和监控^[12]。

基于 CTI 技术的中间件能够提供呼叫管理、监控,并能与呼叫中心中的智能电话路由排队 (Automatic Call Distributor, ACD) 模块、交互式语音应答 (Interactive Voice Respond, IVR) 模块、录音设备、传真 (FAX)、应用软件、数据库等各种部件集成。由于其提供统一标准的编程接口,屏蔽用户交换机 (PBX) 与计算机间的复杂通信协议,给不同的 CTI 应用程序开发和 CTI 应用系统集成带来方便和灵活。

采用 CTI 技术可以提高工作效率,改进客户服务质量。由于采用智能分配技术,可以根据话务员的忙闲统计、话务员的服务能力、每天不同时段的呼叫统计数目、主叫用户的所在区域、主叫用户的号码、IVR 按键选择、产品信息、客户信息等因素,提供最佳的分配方式,使用户可以得到更快捷的服务。由于话务员可事先在计算机屏幕上看到诸如客户的历史记录、习惯、服务记录等信息,根据智能提示功能,话务员可以提供更高水平、更具有针对性的服务。

3.7.1 智能电话路由排队技术

ACD 技术主要实现电话的呼入、呼出功能。最基本的 ACD 技术通常基于电话的线路组或电话呼叫的号码将电话转接至一组话务员中可用时间最长的话务员。当没有可用话务员时,ACD 技术一般按照先进先出的原则让电话“排队等候”。ACD 技术也可以向队列中的呼入者提供通知和选项,还可提供基本的提示功能。

ACD 技术把大量的呼叫进行排队并按照预设的策略分配给具有恰当技能和知识的话务员。话务员按相似的技能分成若干组,如普通组、专家组等,或者按其他业务职能进一步细分,ACD 技术的工作就是将呼叫排队并路由到合适的组和合适的话务员。排队的依据多种多样,如拨入的时间段、主叫号码、被呼叫号码识别服务 (Dialed Number Identification Service, DNIS) 所识别的拨号号码、主叫可以接受的等待时间、可用话务员数、等待最久的来话等一系列参数。用户等待时可以听到音乐或延迟声明。

ACD 技术可以在多方面提高客户满意度:将呼叫路由给最闲的话务员可以减少主叫的排队时间;将呼叫路由给最有技能的话务员将解决客户的专业问题和特殊需要;呼叫提示令客户可以对呼叫有更多的控制权,如预计等待时间太长,就可以选择留言挂机,或者转到一个指定的分机,或者只是听取信息播放。

ACD 技术是现代呼叫中心有别于一般的热线电话系统和自动应答系统的重要标志,其性能的优劣直接影响到呼叫中心的效率和顾客的满意度。

3.7.2 交互式语音应答技术

IVR 技术是指利用计算机语音合成技术,向用户播放不同的语音菜单提示内容,根据用户不同的选择情况播报有关的语音信息,为用户提供服务。如目前的通过电话进行天气预报、银行个人业务查询等,均采用了 IVR 技术。

交互式语音应答技术不但可以在电话呼叫接通后,提示主叫以按键的方式进行通信,而且还可以接受其他形式的信息输入,甚至包括语音输入,或借助 ACD 技术把主叫转移到适当的话务员,并访问数据库,调用有关信息,以多种形式向主叫提供动态的相关信息,如声音、传真、电子邮件或数据信息等。

在商业时代,IVR 技术提供每周 7 天、每天 24 小时全天候服务,为企业处理大量的日常业务,无须通过话务员。顾客通过按键或语音选择,向企业主机输入信息,在允许范围内访问各类企业数据库,自助得到多种服务,令话务员有更多的时间服务于有特别要求的顾客。此外,IVR 技术可同时处理多路来话,再加上遇忙自动处理流程,会极大地降低顾客听到忙音或途中放弃的概率,提高顾客满意程度。IVR 系统还可同时运行多个不同应用,例如,它可同时为企业内部人员或企业客户提供完全相互独立的信息系统应用。当它处理一路来话时,通过询问一些相关信息,如内部标识(ID)、供应商 ID、代理商 ID 等,就可以自动选择应该启动哪个应用系统。

3.7.3 语音录音技术

语音录音技术对话务员和客户的通话进行全程录音,并对录音数据进行存储管理。语音录音技术用于实时地监控和记录电话通信信息,包括电话号码、呼叫时间、通话内容等,用于服务质量监督、事后分析和解决纠纷等。

语音录音技术包括并发录音、实时监听、数据编辑和话务统计等,并支持完整的网络应用功能。高度产品化的系统设计,可提供二次开发接口,用于定制的项目开发,或与已有的客户管理系统(Custom Relationship Management, CRM)系统结合。

3.7.4 CTI 技术在应急通信指挥系统中的应用

目前,CTI 技术广泛地成功应用于呼叫中心、企业客服热线、电话营销热线、金融证券交易、报警热线和投诉抢修热线等,为政府、银行、保险、证券、医疗、水电、交通及大中型企业等提供强力的技术支持。同时,也应广泛应用于我国的公安 110、急救 120、火警 119 和交警 122 及城市应急联动指挥中心等。

与一般行业 CTI 技术应用相比,为保证紧急状态下的整体指挥部署效率和应急处理

效果，应急呼叫中心、自动语音应答系统、自动录音服务、应急信息服务系统等 CTI 应用的使用体验要求更加及时、准确、高效，业务组织要求更加综合、灵活，系统运行要求更加稳定、可靠。

1. CTI 技术在应急通信指挥中的应用

如上所述，CTI 系统包括 CTI 中间件和 CTI 应用子系统两部分，CTI 系统结构如图 3-11 所示。CTI 中间件可以提供基础通信、ACD、IVR 等功能，并且提供相应的应用开发接口，实现系统的底层通信和资源的统一分配管理，提供各种服务接入的接口及为行业应用系统，提供各种实用功能服务。系统以网络、语音、短信、E-mail、传真等多种方式接入客户的请求等信息，全程记录事件处理的情况，并对事件进行统计和分析，为决策层提供决策依据。

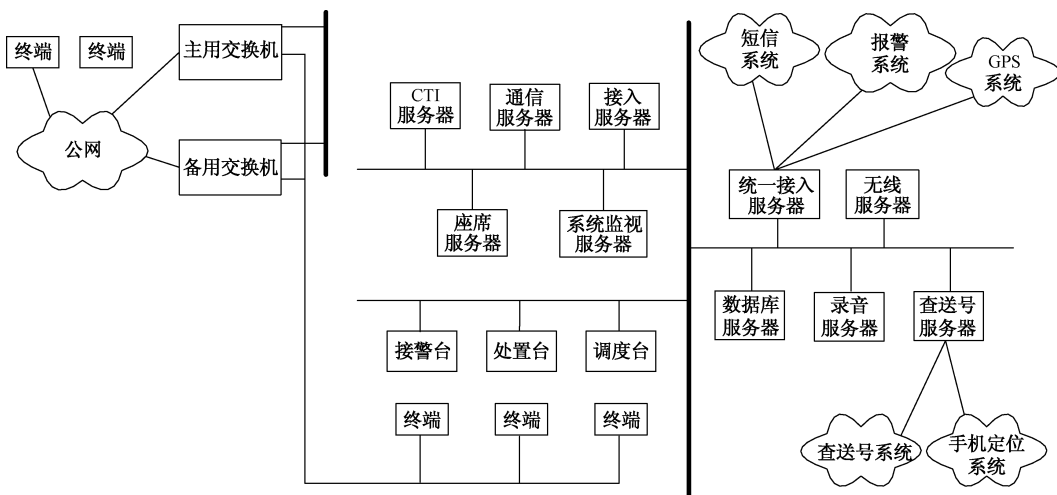


图 3-11 CTI 系统结构

CTI 系统在应急通信中应用的基本功能如下所述。

(1) 接入交换机负责呼叫控制和信令监测等功能

接入交换机实现呼入、呼出、内部通话、保持、咨询、转接和电话会议等各种语音通信控制功能，负责应用平台的管理和应用，主要功能包括：电路管理维护、信令控制、DTMF 号码收取、业务模式控制、处理呼叫信息、呼叫管理和记录通信记录等。电话呼叫用户的路由管理可实现空闲和技能分配，根据最大等待时间指定坐席等多种排队机制等。

(2) IVR 平台负责交互式语音处理、记录和分析等功能

IVR 平台负责交互式语音处理，可根据业务需求灵活设置 IVR 语音。记录原始的呼叫数据，可实现对主、被叫等不同的呼叫进行详细的记录，基于 B/S 查询、分析和统计

模式,可按不同模式进行分析和调查、繁忙时段统计、话务员统计、系统状态统计等。

(3) 语音录制系统负责录音、查询和备份等功能

对所有话务员都可实现实时录音,可按主、被叫,线路和话务员等进行查询,按照不同的业务模式进行数据备份;记录客户拨打数据、弹屏和话务员工作状态等。

2. CTI 技术在应急通信指挥中应用的不足与改进方向

(1) 硬件种类多、兼容性差

传统商用的 CTI 系统的计算机设备、交换机、语音处理板块等设备种类繁多,硬件设备和通信方式的复杂性往往造成开发成本高,调试、设置和操作复杂。

(2) 功能较为局限,业务智能性不足

传统的 CTI 系统功能较为局限,业务智能性不足。主要以呼叫中心、CRM、IVR、自动录音服务、信息服务系统等为主。目前,语音群呼、短信群发、Web 回呼、即时通信、语音合成及自动识别等功能已逐渐成为主流需求,传统 CTI 系统需要进行功能升级。

(3) 系统部署受限

传统 CTI 系统的部署受限于系统架构,可扩展性不佳,开放性不足,难以支持因指挥分级而需要进行的分布式部署。

在传统的 CTI 实现中,电话通信(即用户交换机 PBX)是基于电路交换的,通过 CTI 技术集成了语音处理模块、调度台、话务员座席服务器、应用服务器等软/硬件系统,通过计算机控制和管理,实现包括 ACD、IVR 和录音等功能。

随着信息通信技术的发展,特别是随着通信技术 IP 化和分组化的发展,计算机和通信技术实现了更为有机的融合。基于互联网的 IP 电话/IP 传真技术,VoIP 交换机实现了分组交换,突破了传统电信网络的一对一电路交换的限制,在对语音信号进行压缩和打包之后,通过数据分组网络,实现电话与传真等功能,提供一种新的电信业务的传输与交换方式。目前已可直接实现交换系统与计算机系统间的通信和控制(例如,通过 SIP 协议)。当前,电信运营商已建成 IMS 系统,其控制与承载分离、呼叫与业务分离的技术特点使得开发新型多媒体业务更为容易。在新型的 CTI 系统中,VoIP 技术也已得到广泛应用,功能模块软件化趋势明显,即只需要通过软件就能实现传统 CTI 要实现的功能。基于软交换架构的 CTI 系统与通信网络之间,借助开放的 SIP 协议体系易于实现业务互通,新业务开发也将更为快速灵活,如集成支持微信、微博等社交媒体和移动互联网业务与应用。

参 考 文 献

- [1] 张雪丽, 王睿, 董晓鲁, 汤立波. 应急通信新技术与系统应用. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [2] 闵士权. 卫星通信技术的发展和应用. 卫星与网络, 2010 年, 第 1 期, 第 12~17 页.
- [3] 汪春霆, 张俊祥, 潘申富, 郝学坤等. 卫星通信系统. 北京: 国防工业出版社, 2012.
- [4] 连丽慧, 王景丽. 应急通信在应急保障系统中的应用与建设. 卫星通信技术与应用, 2010 年, 第 4 期, 第 52~53 页.
- [5] 徐小涛. 数字集群移动通信系统原理与应用. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [6] 周千里. 英国警界的 TETRA 数字集群应用. 通信世界. 2009 年, 第 43 期, 第 26~27 页.
- [7] 王坦. 短波通信系统. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [8] 屠文超, 江天娇, 叶向阳, 郭友. 美军短波宽带数据通信标准的最新进展. 电讯技术. 2012 年, 第 9 期, 第 1547~1551 页.
- [9] 王锡良, 方宙奇, 徐锐敏, 谢拥军, 薛正辉. 微波网络及其应用. 北京: 科学出版社, 2010.
- [10] 常庆瑞等. 遥感技术导论[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [11] 刘吉平. 遥感原理及遥感信息分析基础[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2012.
- [12] 罗伯·沃特兹(著), 宋俊德、段云峰等(译). 计算机电话集成技术(第 2 版). 北京: 人民邮电出版社, 2010.

第4章 应急通信指挥的新技术与应用

本章要点

- 无线通信新技术
- 无线自组织网络和无线传感网络技术
- 网络生存性和抗毁路由技术
- 物联网和移动互联网技术
- 无线定位技术
- 云计算和智能信息处理技术



本章导读

如第3章所述,传统的信息通信技术在应急通信指挥中应用广泛,但存在一些不足和改进方向。为满足应急通信指挥新需求,如及时全面的现场信息采集、高效的现场频谱资源利用、智能化协同指挥等,新的信息通信技术能够提供新的手段,弥补传统信息通信技术的不足。本章首先介绍部分适用于应急通信指挥的新技术,对每种技术原理分别简要概述,进而围绕各种技术的特点阐述其在应急通信指挥中的应用及面临的挑战。

4.1 无线通信新技术

无线通信是利用无线电波进行通信的方式,具有快捷灵活、手段多样等特点。但是无线通信固有的频谱资源稀缺性、环境的复杂性和无线信道动态时变性制约了无线通信系统的应用。为了有效提高频谱效率,改善无线通信系统性能,如传输速率、系统容量、可靠性等,宽带无线移动通信^[1]、认知无线电(Cognitive Radio, CR)^[2]、协同通信(Cooperative Communication, CC)^[3]等技术成为近年来无线通信领域研究的热点。

为满足移动多媒体应急通信指挥、重要用户可靠通信、应急处置人员之间高效协同等特殊的应急通信指挥需求,宽带无线移动通信、认知无线电、协同通信等无线通信新技术对于改善现场应急通信指挥系统性能具有重要作用。

4.1.1 宽带无线移动通信技术

无线移动通信技术主要是指采用蜂窝小区结构的无线通信技术。采用小区结构实现频率复用技术,解决无线资源有限性问题和网络覆盖问题,提升蜂窝移动通信网络的系统容量;利用小区切换技术,保证用户的通信在跨越不同蜂窝小区时自动接续。无线移动通信技术已从1G模拟制式到2G(GSM和CDMA)数字制式,演进到目前的主要包括3G(WCDMA、cdma2000和TD-SCDMA),正在向4G长期演进(Long Term Evolution, LTE)方向发展。3G和4G可认为是宽带无线移动通信技术。其中,TD-SCDMA 3G、TD-LTE及其演进(TD-LTE-Advanced) 4G是由中国企业主导制定的、大唐电信集团拥有核心基础专利的新一代宽带无线移动通信技术。本章重点介绍基于TD-LTE技术的宽带无线移动通信技术及其在应急通信指挥中的应用。

从TD-SCDMA 3G到TD-LTE及TD-LTE-Advanced 4G,是基于时分双工(Time

Division Duplexing, TDD)模式的无线移动技术与标准的平滑演进升级。TDD模式不需要对称频段,能灵活利用零散频段,在当前无线频谱资源稀缺下使得频谱分配灵活、利用率高。另外,由于TDD模式能灵活进行上、下行时隙配置,更适合移动互联网业务流量不对称性的优势,使得频谱利用效率更高。当然,TDD模式对系统同步的要求更为严格。

(1) TD-LTE 关键性及显著特点

与TD-SCDMA 3G及其增强型标准相比,TD-LTE主要具有以下关键技术和显著特点。

① 采用OFDM和MIMO技术,实现更高的峰值速率和频谱效率。

TD-LTE采用基于正交多载波的频分复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)技术,并结合多输入多输出(Multiple Input Multiple Output, MIMO)技术实现更高的峰值速率,能提供比3G HSPA高2~3倍以上的频谱利用效率。当终端采用双天线接收时,在20 MHz载波带宽下,下行峰值速率可达100 Mbps,频谱效率为5 bit/s/Hz。当终端采用单天线发送时,上行峰值速率可达50 Mbps,频谱效率为2.5 bit/s/Hz。

② 采用智能天线技术,通过TDD信道对称性进一步提高系统性能,特别是小区边缘用户的通信性能。

双流波束赋形将TD-SCDMA原有的智能天线技术与MIMO结合,通过利用TDD信道对称性,能够有效降低反馈开销,系统容量提升50%以上。

③ 采用TDD双工模式,通过不同的上、下行时隙比例配置,可灵活满足移动互联网的非对称业务流量需求。

TD-LTE支持7种不同的上、下行时隙比例配置,可根据实际网络中上、下行业务量不同的需求情况进行相应的选择,满足不同实际需求。

TD-LTE-Advanced还采用了一些新的关键技术,如载波聚合(Carrier Aggregation, CA)、中继(Relay)、多点协作(Coordinated Multiple Points, CoMP)等。TDD双工方式在配合LTE系统采用新技术方面有着天然优势,如TDD要求全网同步,在实现小区间干扰协调、多点协作等新技术更为容易。同时,相比频分双工(Frequency Division Duplexing, FDD)模式,TDD模式更易实现多跳中继、Ad Hoc终端自组网等。

3GPP关于TD-SCDMA、TD-LTE和TD-LTE-Advanced的标准和技术演进如表4-1所示。

表4-1 3GPP关于TD-SCDMA、TD-LTE和TD-LTE-Advanced的标准和技术演进^[4]

版 本	特性简要描述
R4 (LCR-TDD)	支持TD-SCDMA的基本特性,如1.6 MHz带宽,智能天线,上、下行峰值速率为384 kbps和2 Mbps
R5 (TD-HSDPA)	支持下行共享信道的快速调度、AMC和HARQ、16-QAM、智能天线、下行峰值速率2.8 Mbps
R6 (TD-MBMS)	支持广播与组播

续表

版 本	特性简要描述
R7 (TD-HSUPA, MC-LCR-TDD)	支持上行共享信道的快速调度、AMC 和 HARQ、16-QAM、上行峰值速率 2.2 Mbps；支持多载波 TD-SCDMA
R8 (HSPA+, TD-LTE)	HSPA 增强型；L1 引入 MIMO 和 64QAM，L2/L3 引入 CPC 和 Cell-FACH；TD-LTE 引入 OFDM、MIMO、单流波束赋形、最大带宽 20 MHz，上、下行峰值速率分为 50 Mbps 和 100 Mbps
R9 (HSPA+, TD-LTE)	HSPA 进一步增强；TD-LTE 支持双流波束赋形
R10 和 R11 (TD-LTE-Advanced)	满足 IMT-Advanced 要求；支持载波聚合、下行 MIMO7×8、上行 MIMO4×4、type1 中继、MU-MIMO、CoMP 等

3GPP 对于 LTE 系统提出了严格的延迟要求，例如，在控制平面，用户设备（User Equipment，UE）从空闲状态转移到激活状态的延迟要求为 100 ms；在用户平面，数据分组从 UE 或者无线接入网（Radio Access Network，RAN）边缘节点 IP 层传输至 RAN 边缘节点或者 UE IP 层的单向传输时间要求为 5 ms。

（2）TD-LTE 系统架构中的三大组成部分

为满足上述要求，TD-LTE 对原来的 TD-SCDMA 3G 系统架构进行了较大的优化，如图 4-1 所示，主要包括用户设备、演进的通用陆基无线接入网（Evolved Universal Terrestrial Radio Access，E-UTRAN）、演进的分组核心网（Evolved Packet Core，EPC）三部分。

① 用户终端：

即 TD-LTE 用户终端，指智能手机、集成 TD-LTE 模块的平板电脑、上网卡等。

② 演进的通用陆基无线接入网：

E-UTRAN 由 eNodeB 替代传统的无线网络控制器（Radio Network Controller，RNC）和 Node B，对空中接口的用户平面和控制平面的功能进行管理和控制。网络中节点数量减少，网络架构趋于扁平化，有利于降低呼叫建立延迟以及用户数据的传输延迟。

③ 演进的分组核心网：

EPC 由移动性管理实体（Mobility Management Entity，MME）和信令网关（Signaling Gateway，S-GW）两个功能实体组成，前者负责处理控制平面功能，如非接入层的信令处理、接入层安全控制、移动性管理涉及核心网节点之间的信令控制、鉴权等；负责处理用户平面功能，如支持 UE 移动性的用户平面切换、合法监听、计费等。

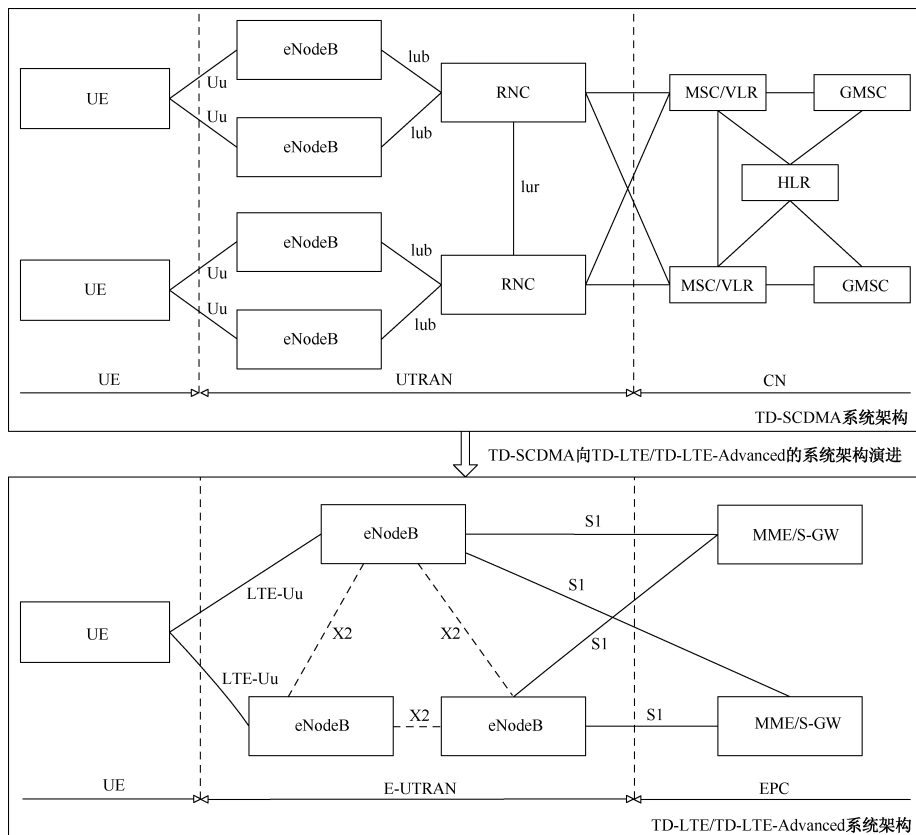


图 4-1 TD-SCDMA 向 TD-LTE / TD-LTE-Advanced 的系统架构演进

4.1.2 认知无线电技术

无线频谱是一种有限的、不可再生的资源。目前，已经基本被各行业及应用分配占用，已经很难找出一段未分配的频谱供给新应用或突发应急通信需求。相比拥挤的频谱分配模式，在现有已分配的频段内，大量存在着频谱使用率低、频段资源闲置的现象。特别是以特定区域、特定时间的方式评估频谱资源时，大多数的已分配频谱是处于空闲未使用的状态。因此，对已划分但未被实际使用，或仅被间歇式使用的频谱资源的再利用是未来无线通信的主要研究方向，也是未来应急通信的基本措施及主要手段。

认知无线电是一种智能无线通信技术，与传统的无线通信技术相比，它可以通过感知周围的无线电环境特征进行工作参数的重配置，如工作频率、传输功率、调制方式等，实现对无线电环境的动态自适应。认知无线电技术通过利用空闲的频率资源，能够在不影响其他用户通信的前提下，提高频谱利用效率。

在认知无线电对工作参数进行重配置以适应环境变化之前，它必须完成频谱感知、频谱分析、频谱判决和频谱自适应等认知循环工作过程，一种典型的认知循环如图 4-2 所示，使认知无线电设备认识无线电环境特征，如发射波形、无线电频谱、通信网络类型或协议、地理信息、本地可用资源和服务、用户需求、安全策略等。

频谱感知（Spectrum Sensing）是认知无线电区别于传统无线通信技术的重要特征。频谱感知完成实时的、多频带的“频谱空洞”检测，如授权用户暂时未使用的一部分频谱资源等。频谱分析（Spectrum Analysis）对频谱感知到的可用频谱资源进行快速的特征描述，包括可用频谱特征参数、授权用户的频谱占用特征等频谱信息。频谱判决（Spectrum Reasoning）基于频谱分析的结果和用户的需求，按照某种决策准则选择最佳的频谱使用策略。频谱适应（Spectrum Adaptation）完成认知无线电工作参数的调整，实现动态的频谱共享。

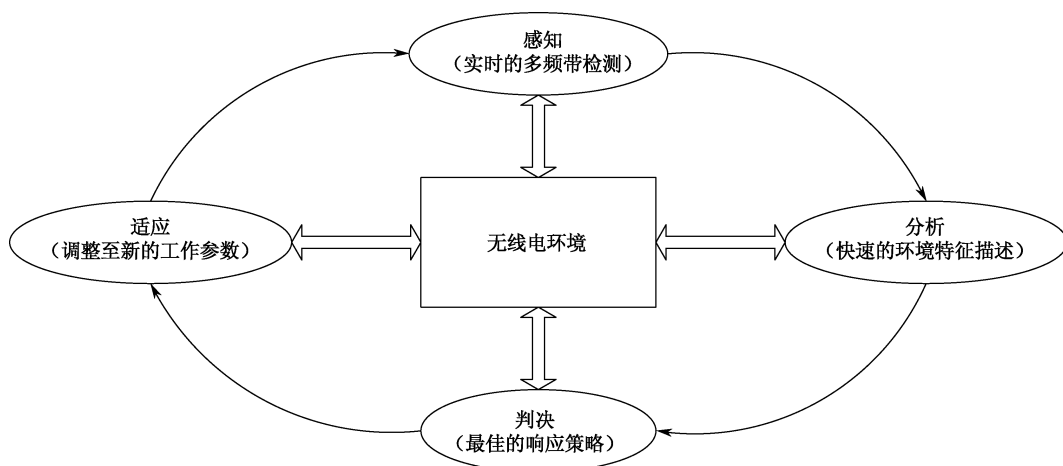


图 4-2 认知循环^[5]

认知无线电技术主要具有以下特点。

（1）认知性

认知性是认知无线电技术实现的基础。由于环境是动态变化的，认知无线电技术需要具备感知无线电环境的能力。

（2）智能性

智能性是认知无线电技术的重要特征，包括学习能力、预测能力和适应能力等。

（3）适变性

适变性是认知无线电技术实现的目标，通过对工作频率、调制方式、发射功率和通

信协议等工作参数的重构,快速适应环境的变化,增强无线通信的灵活性和可扩展性。

4.1.3 协同通信技术

协同通信,也称协作通信,基本思想是利用无线信道的广播特性,多个单天线用户通过共享彼此的天线,形成虚拟的 MIMO 系统,提高频谱效率、能量效率和可靠性,降低无线通信系统的复杂度。

协同通信分为两类,一类是用户终端间协同,另一类是固定中继协同。用户终端间协同较灵活,如图 4-3 (a) 所示,源节点同时也可作为中继节点,它们不仅可转发协作伙伴的信息,同时也可以发送自己的信息。因此,这些终端需要同时具有信号转发和简单路由的功能。固定中继协同,如图 4-3 (b) 所示,类似中继信道,固定中继与源、目的节点之间均采用无线连接,只对接收到的信息进行转发。

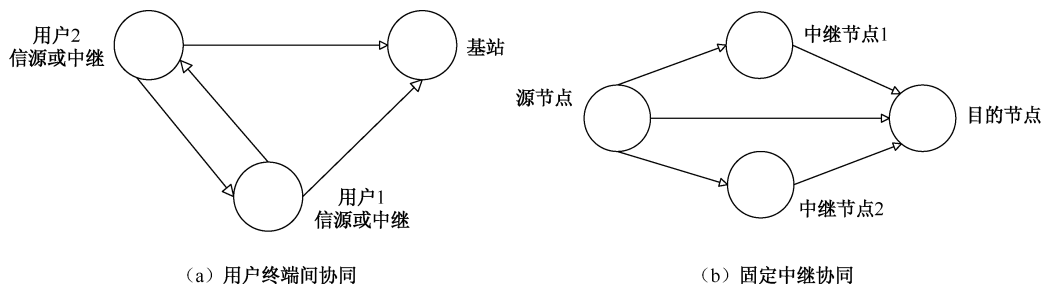


图 4-3 协同通信的分类

目前,常用的协同通信技术包括协同编码、协同调制、协同空时码、协作多点传输等,其中协作多点传输已成为 LTE-Advance 中的一种增强型传输技术,是提升小区边缘用户通信质量的重要方法。

协同通信技术主要具有以下特点。

(1) 系统资源利用率高、容量大

多个节点之间共享彼此资源,如中继节点、时间、功率等,系统资源利用率高、容量大。

(2) 覆盖范围大,服务质量均衡

节点间的协同扩大了系统的覆盖范围,而且可以均衡小区边缘用户和小区中心用户的服务质量。

(3) 在基础设施不足条件下实现系统部署快速

协同通信系统可以不依赖基础设施,多个单天线无线通信系统可以快速部署。

4.1.4 无线通信新技术在应急通信指挥中的应用

为满足现场的移动多媒体应急通信指挥、重要用户可靠通信、应急处置人员之间高效协同等特殊的应急通信指挥需求，宽带无线移动通信、认知无线电、协同通信等无线通信技术对于改善现场应急通信指挥系统性能具有重要作用。

1. 宽带无线移动通信技术在应急通信指挥中的应用

TD-LTE 技术支持应急通信，主要包括公共告警系统和紧急呼叫，以及宽带无线移动通信数字集群通信系统。

(1) TD-LTE 的公共告警系统

TD-LTE 的公共告警系统利用 TD-LTE 移动通信网络向具有接收告警通知能力的公众发送告警通知，为公众用户提供及时准确的告警、预警及其他相关信息。告警通知的传输类似小区广播业务（Cell Broadcast Service, CBS），由 MME 传递给多个 eNodeB，eNodeB 负责调度告警通知的广播传播并在每个小区内的多次重传。一种基于 TD-LTE 的公共告警通知流程如图 4-4 所示。

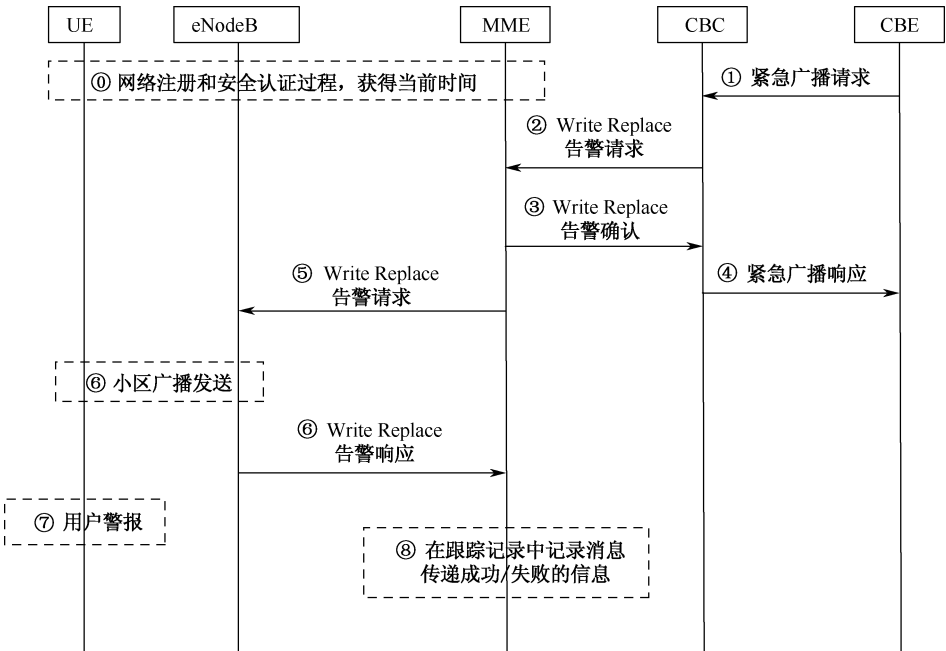


图 4-4 一种基于 TD-LTE 的公网告警通知流程^[1]

（2）TD-LTE 的紧急呼叫

基于通用业务平台 IP 多媒体子系统（IP Multimedia Subsystem, IMS）建立 IMS 紧急呼叫将在未来的应急通信系统中发挥重要作用。IMS 紧急呼叫是由支持紧急呼叫的公共移动通信系统提供的必要功能，不仅可为正常驻留的 UE 提供紧急业务，也可处于限制模式的 UE 提供紧急业务。移动性管理实体（MME）将在本地保存用于紧急呼叫的承载的 QoS 信息。网络在为紧急呼中建立承载时会分配一个特殊的分配和保持优先级（Allocation and Retention Priority, ARP）。

（3）基于 TD-LTE 的宽带无线移动数字集群通信系统

为满足现场跨区域、跨行业、跨部门的专用移动多媒体应急通信指挥需求，如集群语音通信、宽带无线数据传输、可视指挥调度、跟踪定位、端到端的通信加密等，标准化组织正在研究基于 TD-LTE 的宽带无线移动数字集群通信系统，弥补现有窄带数字集群通信系统的不足。

2. 认知无线电技术在应急通信指挥中的应用

认知无线电技术可以与多种通信技术结合应用，如公众移动通信网络、无线自组织网络、无线传感网络（Wireless Sensor Network, WSN）等，能够为应急通信指挥提供有优先级、可靠性高的动态频谱接入能力。

（1）重要用户应急通信指挥优先保障

具有认知功能的无线通信设备通过主动或者被动地频谱感知方式接入授权的空闲频谱，并随着环境的变化进行自适应调整，以保障不同应急通信指挥业务的服务质量需求，有效缓解因大量应急业务剧增导致的网络拥塞问题。

另外，当同一个频带内同时存在多个应急通信指挥业务时，认知无线电技术实现对应急通信链路的严格功率控制，尽可能避免相互干扰，尤其能够优先保障重要用户的应急通信指挥。

（2）认知无线传感网

现有的 WSN 都工作在无须授权的 ISM (Industrial Scientific Medical) 频段（如 2.4 GHz），这些公用频段无须授权许可就可以使用。各种无线通信技术广泛应用，如 WiFi、蓝牙、ZigBee、WiMAX 等，导致 ISM 频段日益拥挤，互干扰严重。为解决 WSN 频谱资源有限的问题，可以结合无线传感技术和认知无线电技术组成无线认知传感网，如图 4-5 所示。

无线认知传感网是对无线传感网络的智能增强，具有认知功能的传感节点可接入授权频谱，保证紧急传感数据上传的传输速率，提高系统容量。

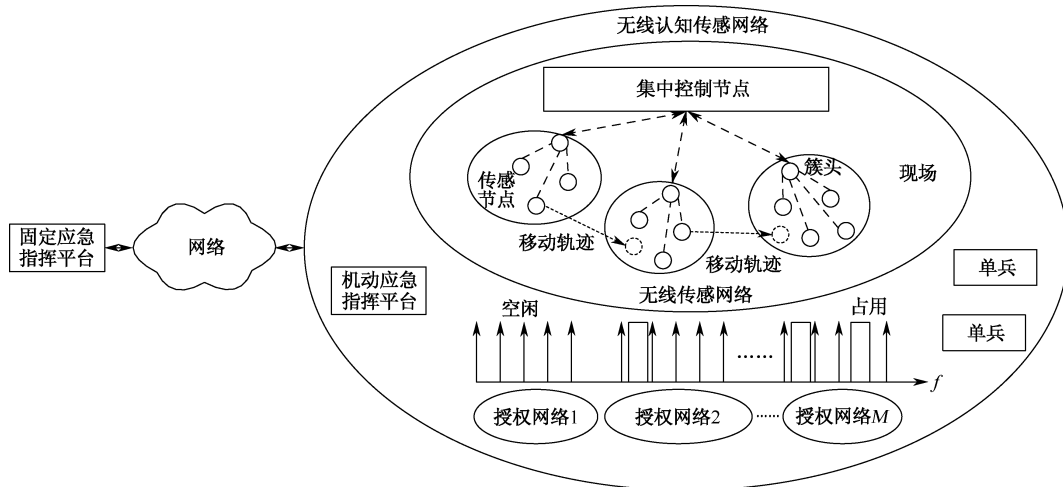


图 4-5 认知无线传感网络

3. 协同通信技术在应急通信指挥中的应用

协同通信技术与多种通信技术结合应用，如公众移动通信网络、无线自组织网络、无线传感网络等，作为一种现场应急处置人员之间和异构网络之间的协同通信手段。协同通信技术在应急通信指挥中的应用如图 4-6 所示。

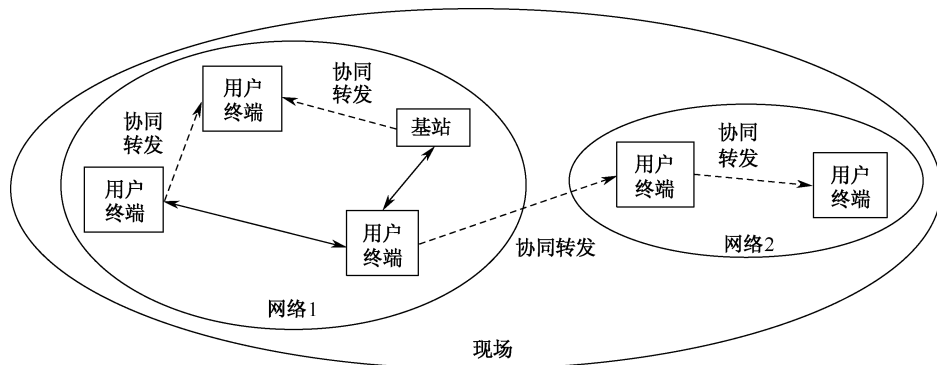


图 4-6 协同通信技术在应急通信指挥中的应用

(1) 现场应急处置人员之间的协同

在现场的应急处置人员之间，可以快速组建协同通信网络。应急处置人员在相互通信的同时，可以协同转发邻近应急处置人员的广播信息。这种空间协同通信方式扩大了应急处置人员在现场的有效活动范围，提高了通信质量，减少了便携终端的能耗，延长了应急处置人员在恶劣环境下的生存时间。

（2）现场异构网络之间的协同

应急处置部门在现场的应急指挥通信保障网络一般是由卫星通信网、公众移动通信网络、集群通信网等组成的异构网络系统。利用预先设置的固定协同中继，能够将不同网络系统有机融合，对现有网络结构改动较小，实现异构无线网络在空中接口侧的互连互通，减小了异构接入网络间的业务传输延迟，满足下一代宽带移动通信系统业务的要求，同时简化了网络管理和网络建设。

4. 无线通信技术在应急通信指挥应用中面临的技术挑战

宽带无线移动通信技术、认知无线电技术和协同通信技术作为当前无线通信领域研究的热点，在应急通信指挥中应用还面临较大的技术挑战，例如：

① TD-LTE 技术目前仅支持公共告警消息的广播，支持应急指挥调度的具有群组呼叫、强插强拆、优先呼叫等的宽带无线集群系统仍处于标准化过程中。

② 认知无线电设备应快速完成多用户、多频带的频谱操作，需要处理能力强的、低成本的软 / 硬件平台。

③ 协同通信会产生端到端延迟，需要优化的中继方法来满足不同应急通信指挥业务对实时性的要求。

4.2 无线自组织网络和无线传感网络技术

无线自组织网络技术是一种不依赖基础设施的无线通信网络，结合无线通信技术和自组织网络技术，具有多跳中继通信、拓扑动态性、环境适应性等特点。通常，无线传感网络是以自组织网络技术为基础的无线通信网络，二者具有一定的相同特性。但它们在网络应用、节点移动性、通信能力等方面存在较大差异，例如，无线自组织网络是一种移动通信网络，用于满足数据、语音、图像、视频等业务的通信要求；无线传感网络是一种以数据为中心的测控网络，根据传感器的功能感知语音、图像、视频等信息。

为满足现场的区域局部快速移动通信、无人值守信息采集等特殊的应急通信指挥需求，无线自组织网络和无线传感网络对于临时快速部署现场应急通信指挥系统具有重要作用。

4.2.1 自组织网络技术

自组织网络技术是自组织理论在通信网络中的具体运用。自组织网络不需要特定的外部作用，通过一定相互作用的内部机制，形成具有自主调节、自我完善、自主发展性

质的自组织系统。

自组织网络结构分为两类：平面结构和分级结构。

平面结构较简单，如图 4-7（a）所示，网络中所有节点是对等的，源节点和目的节点之间可以存在多条路径。但每一个节点都需要知道到达其他所有节点的路由，维护这些动态变化的路由信息需要大量的控制消息，网络规模越大，路由维护的开销就越大。因此，平面结构自组织网络的规模有限，可扩展性较差。

在分级结构中，如图 4-7（b）所示，簇内成员只需要维护簇内站点间的路由信息，与簇外站点的通信由功能较为复杂的簇头节点处理。分簇结构简化了簇内节点的功能，减少了簇内的网络管理信息量。在同样规模网络的条件下，分级结构的路由开销要比平面结构的小。

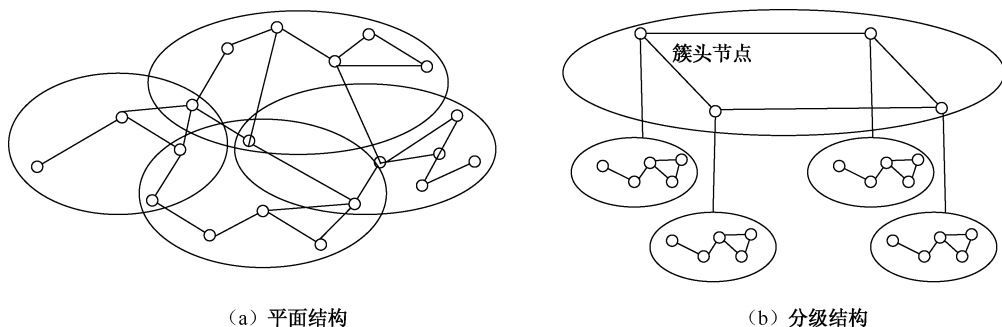


图 4-7 自组织网络结构的分类

自组织网络技术主要具有以下特点。

（1）多跳中继通信

单个自组织节点的通信范围有限，当通信距离较远时，需要利用邻节点进行数据转发，即多跳中继通信。

（2）网络拓扑动态变化

自组织网络中节点能够动态地、随意地、频繁地加入和退出网络，不会破坏节点间的通信，但会引起网络拓扑结构动态变化，变化的方式和速度难以预测。

（3）分布式对等节点

自组织网络没有严格的集中控制节点，节点之间地位平等。

（4）环境适应能力强

自组织网络对无线电环境的适应能力强，能够随时随地快速组网，具有较强的鲁棒性和抗毁性。

可见, 自组织网络是一种组网技术。基于自组织网络技术, 不同无线通信技术可形成多种无线自组织网络。基于自组织网络技术的无线传感网络也是当今通信领域关注的热点。

4.2.2 无线自组织网络技术

无线自组织网通常是由一组带有无线收发装置的可移动节点组成的无中心网络^[6]。与有基础设施的网络相比, 无线自组织网络能够不依赖线缆、基站、微波中继站等基础设施, 网络中的每个节点既作为路由器又作为用户终端, 通过单跳直达或者多跳中继的方式进行无线通信。

无线自组织网络技术源于军事领域, 已广泛应用于战略和战术综合通信, 例如, 美军战术互联网的核心技术即为无线自组织网络技术, 但在民事领域应用较少。为减少公众对有基础设施网络的依赖性, 向公众提供随时随地、方便快捷的互联网接入服务, 基于无线自组织网络技术提出一种新的无线接入网络——无线网状网 (Wireless Mesh Network, WMN)^[7]。无线网状网是由固定和移动的节点通过无线链路构成的多跳无线自组织网络, 包括路由器和用户终端两种类型的节点, 具有两种典型的网络结构: 基础设施无线网状网和用户终端无线网状网。

在基础设施无线网状网的网络结构中, 路由器节点的位置相对固定, 部分用于连接骨干网络, 部分负责用户终端节点的无线接入和多跳中继通信, 在路由器节点和用户终端节点之间形成宽带无线闭合回路。用户终端节点通过具有网关功能的路由器节点, 可以与其他网络互连。

在用户终端无线网状网的网络结构中, 用户终端节点之间以对等的方式进行点对点通信, 每个节点既作为路由器又作为用户终端, 通过单跳直达或者多跳中继的方式进行通信。可见, 用户终端无线网状网的网络结构与无线自组织网络的平面结构基本一致。

在无线自组织网络技术特性的基础上, 无线网状网主要具有以下特点。

(1) 节点多样性

无线网状网的节点包括路由器、台式机等固定节点以及笔记本电脑、手持机等移动节点。

(2) 连接扩展性

无线网状网可以连接互联网, 也可以连接其他网络。

(3) 网络兼容性

无线网状网是一种组网技术, 并不限于某种无线通信技术。无线网状网通常采用 IEEE 802.11、IEEE 802.16、超宽带 (Ultra Wideband, UWB)、LTE 等技术, 采用不同技术组成的无线网状网之间存在兼容性问题。

4.2.3 无线传感网络技术

无线传感网络^[8]是集传感器技术、微机电技术、无线通信与网络技术于一体,实现对覆盖范围内感知对象进行无人值守的信息采集、传输和处理的网络。

多个传感节点通过自组织方式组网,周期性或者连续性地采集感知对象的信息,并以多跳中继方式发送给无线传感网络的汇聚节点,由汇聚节点将网络内所有被感知对象的信息发送给外部网络。可见,无线传感网络是一种特殊的自组织网络,主要具有以下特点。

(1) 以数据为中心

无线传感网络以数据为中心,感知对象既可以是人,也可以是物。

(2) 应用相关性

无线传感网络具有应用相关性,不同的应用关注不同的物理量,如环境监测中的温度、光照、水位等以及道路交通中的车流、压力等。

(3) 节点数量多,网络规模大

为提高信息采集的精确度,通常在同一区域密集部署无线传感节点,网络规模一般较大。

4.2.4 无线自组织网络和无线传感网络技术在应急通信指挥中的应用

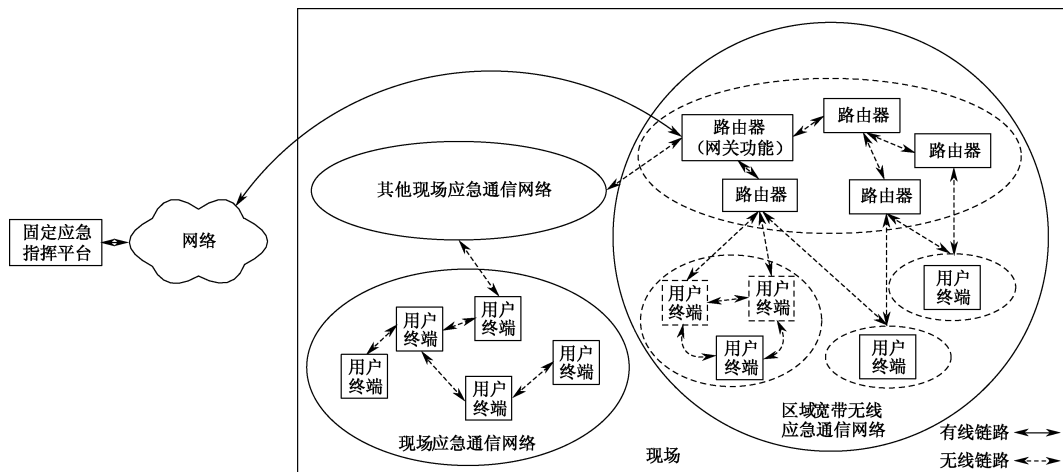
为满足现场的现场快速移动通信、无人值守信息采集等特殊的应急通信指挥需求,无线自组织网络和无线传感网络对于临时快速部署现场应急通信指挥系统具有重要作用。

1. 无线自组织网络技术在应急通信指挥中的应用

无线自组织网络技术主要用于快速部署现场的应急通信指挥网络系统和区域宽带应急通信指挥系统。无线自组织网络技术在应急通信指挥中的应用如图 4-8 所示。

(1) 现场应急通信指挥网络系统

现场应急通信指挥网络系统采用扁平的组网结构,如移动自组织网络(Mobile Ad Hoc Network, MANET),所有节点处于同一通信平面。节点大多数是车、船、飞机、单兵等移动用户终端节点,每个节点既作为通信的源节点或目的节点,也作为中继转发节点。根据现场移动应急处置的需要,网络拓扑动态调整。另外,现场的每个自组织网络都能够看成一个独立的通信域,多个域之间通过相互连接或者连接现场的其他应急通信指挥网络系统,实现联合指挥调度。

图 4-8 自组织网络技术在应急通信指挥中的应用^[6]

（2）区域宽带应急通信指挥网络系统

区域宽带应急通信指挥网络系统采用分层的组网结构，如基于 IEEE 802.16 技术的基础设施无线网状网，路由器节点和用户终端节点处于不同通信平面。用户终端节点通过接入邻近的路由器节点，向后方的固定应急指挥平台传递现场的语音、数据、图像、视频等多媒体信息。另外，具有网关功能的无线网状网路由器能够连接现场的其他应急通信指挥网络系统，实现各种网络系统的互连互通，构成一个动态的、扩展能力强的异构网络，为现场的区域应急通信指挥提供无处不在的网络连接。

2. 无线传感网络技术在应急通信指挥中的应用

无线传感网络技术主要用于在现场提供无人值守的感知对象的信息，这些信息能够作为应急通信指挥的重要决策依据。无线传感网络技术在应急通信指挥中的应用如图 4-9 所示。

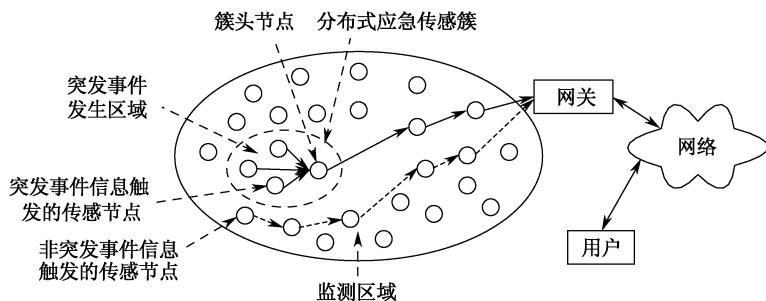


图 4-9 无线传感网络技术在应急通信指挥中的应用

（1）监测预警信息上传

事前，利用预先部署的无线传感网络感知各类事件信息，对事态的发展进行主动预测，并保证紧急信息触发的传感节点及时有效的发送预警信息。

事中，利用飞行器搭载传感器，并空投至单兵、车辆等无法进入的现场，快速部署并完成信息采集、传输、处理等应急处置工作，实现现场多参数的实时采集、传输、快速处理以及定位等功能，为指挥决策提供支持。

（2）应急远程控制

通过对现场的传感节点进行应急远程控制，如信息采集周期、节点休眠、节点唤醒等操作，可以提高对事件发生区域的信息采集精确度，并保证紧急事件信息优先上传。

3. 无线自组织网络和无线传感网络技术在应急通信指挥应用中面临的技术挑战

无线自组织网络和无线传感网络技术因其本身所具有的自组织特性，除了必须适应无线信道的衰落和时变特性以外，它们在应急通信指挥应用中还面临较大的技术挑战，例如：

① 在无线自组织网络和无线传感网络中，通常单个节点的能量有限，如无线自组织网络中的单兵终端、无线传感器节点等，需要能效优化的应急通信能量控制措施；

② 在无线自组织网络和无线传感网络中，分布式节点间的通信链路容易被窃听、伪造和干扰，需要可靠的信息安全机制来保护重要用户的应急通信指挥；

③ 在无线传感网络中，紧急事件通常触发多个传感器，需要防止多条紧急事件信息链路发生碰撞并保证其关键路径优先传输。

4.3 网络生存性和抗毁路由技术

网络生存性^{[9][10]}是网络系统的重要特性之一，建立在可靠性、可重用性等相关研究领域基础上，主要研究内容包括网络拓扑、抗毁路由等技术。抗毁路由技术是网络生存性的重要研究分支，侧重在某网络节点或链路受损，通信对端在网络拓扑连通的前提下，使网络仍能进行数据转发和通信。

为满足网络快速自愈、拥塞业务的动态控制等特殊的应急通信指挥需求，网络生存性和抗毁路由技术对于提升应急通信指挥系统的容灾能力具有重要作用。

4.3.1 网络生存性

网络生存性是指网络在各种类型、范围和程度以及持续时间的故障下维持服务不受中断的能力。网络生存性主要研究内容包括网络拓扑、抗毁路由等技术，贯穿网络的物

理层、数据链路层和网络层。

网络的拓扑结构描述了网络中物理元素（如交换机、路由器等节点，通信链路等）的相互连接关系。从图论角度，网络物理拓扑的连通性是网络生存性的核心要素。健壮的网络拓扑结构使网络在发生故障时能够自愈，提高网络的连通能力。

随着网络系统的技术演进，网络承载力和承载业务的增长使数据转发服务的性能需求迅速提升。网络生存性的需求不再局限于网络的连通性，降低网络状态变化对性能造成的负面影响，保证网络中数据传输的服务质量（如通信速率、延迟等）和优先级成为新的研究目标。尤其是随着现代社会与经济对信息通信依赖性的增长，单位时间内网络中断造成的商业损失也在增长，而实时应用的发展也使得用户对网络失效恢复的实时性需求不断提升，研究表明，50 毫秒内的网络失效恢复才能保证基本的实时业务不会受到影响。

通过设备和链路的备份能够保证网络的连通性，但不能解决网络故障带来的所有问题，如路由问题、数据传输的实时性等。抗毁路由技术以成本低、灵活性好等优点，已成为能够保证毫秒级失效恢复的重要手段之一。

4.3.2 抗毁路由技术

抗毁路由技术的应用建立在网络能够保证物理拓扑连通性的基础之上，解决由于网络故障引发的网络拓扑变化对正常网络通信的影响。按照优化目标来区分，抗毁路由技术主要包括保证故障恢复的时效性和保证关键任务的服务质量两大类技术。

（1）故障恢复的时效性

故障恢复的时效性是衡量抗毁路由技术性能的重要指标之一，是指从故障发生到故障解决所需要花费的时间。

以时效性为目标的研究主要集中在两个方面：网络层的故障检测和故障的快速处理。网络层的故障检测大部分通过发送高频的探测包来完成。故障快速处理技术在故障发生之前即对故障位置进行预判并制定好相应的处理预案，当检测到故障时，根据预案进行故障处理和通信恢复。

（2）关键任务的服务质量

当网络故障发生时，网络资源会出现“供不应求”的情况，导致部分业务无法正常传输。因此，抗毁路由技术的研究目标之一，即如何在网络故障发生时保证关键任务的服务质量，例如，采用优先接入、优先路由等手段以保证关键任务的服务质量。

4.3.3 网络生存性和抗毁路由技术在应急通信指挥中的应用

应急指挥通信面临的突出的问题是通信环境以及通信网络本身的不确定性和不可控性。为满足网络快速自愈、拥塞业务的动态控制等特殊的应急通信指挥需求,网络生存性和抗毁路由技术对于提升应急通信指挥系统的容灾能力具有重要作用。

1. 网络生存性和抗毁路由技术在应急通信指挥中的应用

在网络发生故障导致拥堵甚至损毁的情况下,具有网络生存性的通信网络仍然能够通过网络物理拓扑连通性、抗毁路由等技术,利用空闲网络资源为受影响的业务重新选路,优先维持关键应急通信指挥任务继续进行。网络生存性和抗毁路由技术在应急通信指挥中的应用主要包括网络机动部署、设备或者链路备份和关键任务优先等。

(1) 网络机动部署

应急通信指挥网络系统在时间、地域、应用场景等方面具有不可预测性,要求网络系统机动灵活部署、快速开通等,对网络的变化进行动态响应,能够实现动中通。

(2) 设备或者链路备份

通过增加网络中设备或者链路的数量,缩短网络节点间的最短路径距离,提高网络在发生故障时的连通性。

(3) 关键任务优先

在网络系统因拥塞或者损毁导致网络资源不足时,抗毁路由技术能够有效地均衡中枢节点的负载,缓解网络传输过程中的拥塞状况,提高网络容量;特别是保证关键应急通信指挥任务的优先性。

2. 网络生存性和抗毁路由技术在应急通信指挥应用中面临的技术挑战

目前,网络生存性和抗毁路由技术旨在探索如何采用一些新兴技术来增强一些大型复杂关键信息基础设施的可靠性和自动恢复能力,已成为提升应急通信指挥保障网络能力的一个重要研究分支,但仍缺乏深入的理论研究和可实施性,在应急通信指挥应用中还面临一些技术挑战,例如:

① 现有理论分析和基于成本经济因素,现有通信网络只能应对单节点、单链路故障等“平时”问题,当重大突发事件发生时,可能产生多节点、多链路的并发故障等问题,需要结合动态可靠的网络拓扑评价模型和抗毁路由恢复机制。

② 当突发事件发生后,加上节点与链路的并发故障,通信业务量瞬间上升时,网络资源将严重不足,需要按需分级业务控制、关键应急通信指挥任务优先等机制,这也是现有网络生存性技术没有涉及的,需要进一步研究。

4.4 物联网和移动互联网技术

物联网将人与人的通信延伸到人与物、物与物的通信,实现主动的信息交互,侧重前端测量和感知。移动互联网将移动通信技术与互联网结合,实现移动的信息交换、共享及应用,侧重移动互联网接入和应用。

为满足多技术手段的事件信息智能获取、随时随地的移动应急处置、多样化的通信指挥应用等特殊的应急通信指挥需求,物联网和移动互联网技术对于构建新型的应急通信指挥系统具有重要作用。

4.4.1 物联网技术

物联网是指通过传感器、射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)、红外感应器、全球定位系统(Global Positioning System, GPS)、激光扫描器等设备,按照特定协议,在人与物以及物与物之间进行信息交换和通信,实现智能化的识别、定位、跟踪、监控和管理等功能。

1. 物联网网络架构

物联网网络架构^[11]一般分为三个层次:感知层、网络层和应用层。物联网网络架构如图4-10所示。

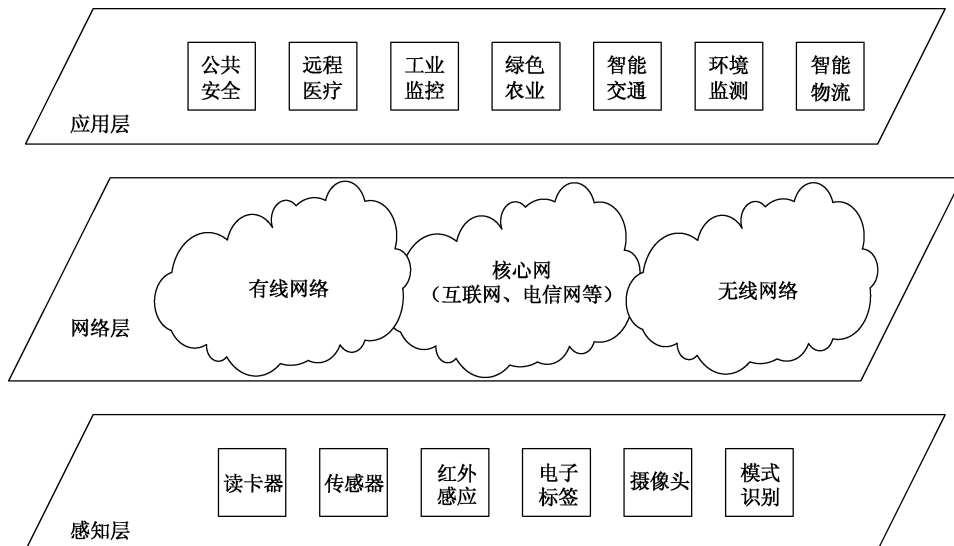


图 4-10 物联网网络架构

（1）感知层

实现人和物的信息采集与识别，采用的关键技术包括传感网、射频识别、GPS、模式识别等。感知层设备要求低功耗、低成本和小型化，并具有高灵敏度高、高精度的感知能力。

（2）网络层

网络层实现物联网信息的网络传送，包括接入网和核心网。接入网包括各种有线接入、无线接入等手段；核心网主要是融合了互联网和电信网的异构网络。网络层要求具有业务 IP 化、网络扩展性、无缝移动性等能力。

（3）应用层

应用层实现物联网信息的存储、分析和处理，采用的关键技术包括云计算、智能信息处理等。物联网应用面向公共安全、远程医疗、工业监控、绿色农业、智能交通、环境监测、智能旅游等领域，不同领域的应用存在一定差异，具有一定的应用相关性。

2. 物联网的特点

与传统的通信网络相比，物联网主要具有以下特点。

（1）感知识别普适化

物联网前端部署了大量不同类型的传感设备，每个设备都是一个信息源，所采集的信息内容和格式不尽相同，无所不在的感知与识别将物理世界数字化、信息化。

（2）异构互连化

物联网中的设备、技术、网络、系统和平台种类多样，异构性强，通常利用网关进行互连互通。

（3）应用智能化

物联网利用云计算和智能信息处理技术，实现预警预测、远程控制、决策支持等智能应用。

目前，移动通信标准组织（如 3GPP）也正在研究机器型通信（Machine Type Communication, MTC）的特殊应用场景与需求，将提出相应的解决方案。MTC 终端“量大面广”，与传统的人与人通信模式相比，其需求和特点变化范围大，如速率、延迟、可靠性、功耗、成本等变化大；存在一些特殊需求，如海量 MTC 终端接入和连接保持、终端的低移动性、数据传输的可控和时间容忍性、极低的功率消耗、小数据量传输、在线通信时间差别大等。

4.4.2 移动互联网技术

移动互联网是以移动通信作为无线接入技术的互联网及应用服务,包含移动终端、移动网络和应用服务三个要素。移动互联网的结构分为网络层面和应用层面两个层面。移动互联网的结构如图 4-11 所示。

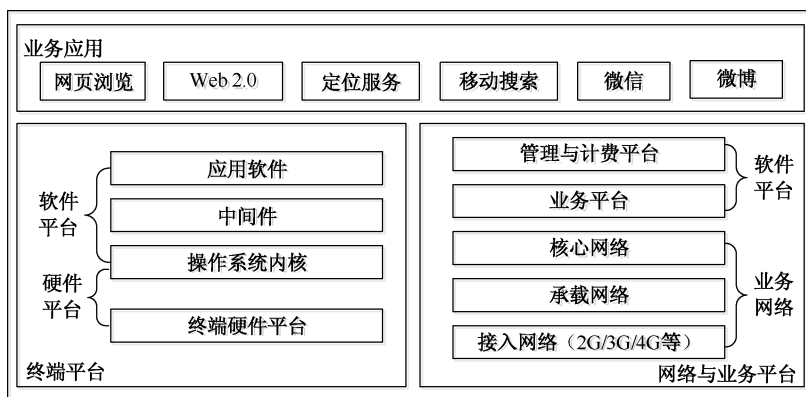


图 4-11 移动互联网的结构^[12]

移动互联网常用的无线接入网技术包括 2G、3G、4G、WiFi 等。

移动互联网的业务与应用主要包括网页浏览、Web 2.0、HTML 5 定位服务、移动搜索、微信、微博等。这些业务与应用构成了基于移动应用的社交网络。

从业务与应用层面来看,典型的移动互联网应用主要包括以下两种形式。

① 以计算机等固定终端作为用户终端,通过无线接入网络访问互联网。在这种情况下,用户实际应用和有线接入的互联网没有不同,仍属于互联网应用。

② 以智能手机、平板电脑等移动终端作为用户终端,通过无线接入网络访问移动互联网。由于智能手机、平板电脑等移动终端与传统计算机,在显示屏大小与分辨率、功耗要求、操作特殊性存在较大的差异,需要为移动终端设计专门的应用,例如, WAP 浏览器 HTML 5 等。在这种情况下,移动互联网应用可看作一种面向移动终端的特殊互联网应用。

可见,移动互联网以传统互联网为基础,区别主要体现在用户终端、接入方式、应用服务等方面,例如,传统互联网以固定终端为主,而移动互联网以移动终端为主;传统互联网以有线接入为主,而移动互联网以无线接入为主,特别是多种无线接入手段的互补应用;传统互联网以固定业务为主,而移动互联网以融合了传统互联网业务和移动通信业务的移动业务为主。

移动互联网主要具有以下特点。

(1) 随时随地

利用无处不在的异构通信网络,可以在任何时间、任何地点进行信息交互。

(2) 个性化

利用智能终端软、硬件技术,可以为用户提供个性化的应用服务。

(3) 快捷及时

利用小型化、智能化、节能型的移动终端,可以快捷操控,及时响应。

可见,移动互联网本质上是一种基于互联网的移动应用的新能力和新模式,正向 IPv6 技术发展,以提供更大的地址空间、移动性等应用服务为目标。

4.4.3 物联网和移动互联网技术在应急通信指挥中的应用

为满足多技术手段的事件信息智能获取、随时随地的移动应急处置、多样化的通信指挥应用等特殊的应急通信指挥需求,物联网和移动互联网技术对于构建新型的应急通信指挥系统具有重要作用。

1. 物联网技术在应急通信指挥中的应用

物联网技术在应急通信指挥中主要用于现场信息采集和智能监控^[13],包括感知现场信息、在突发事件下对前端设备进行智能的远程控制等,在很大程度上依赖无线传感网络技术。

基于物联网技术的应急通信指挥应用是一套整体解决方案,涉及技术、系统、网络、管理、安全等方方面面,在感知能力方面具有更多优势,例如,物联网感知层采用无线传感网络技术、光纤传感网技术、RFID 电子标签、红外感应、摄像头等多种感知手段,能够实现语音、数据、图像、视频等多样化业务类型的实时感知。

2. 移动互联网在应急通信指挥中的应用

移动互联网在应急通信指挥中主要用于公众、应急处置机构之间及指挥人员与现场应急处置人员之间的信息互动,满足各自不同的应急通信或应急指挥需求。

公众利用微博、微信等应用,向应急处置部门或人员告警、求助,或者相互间报平安、慰问等。应急处置部门利用微博、微信、移动互联网广播等应用向公众及时发布预报、预警、自救指导等。现场应急处置人员配备专用的移动智能终端,利用移动互联网直播、移动网络视频会议、远程移动实时视频监控等应用,进行可视化移动应急指挥调度。另外,利用第三方开发的各类应急 APP 工具,在发送求救信息、照明、导航与定位、拨打网络电话、自助医疗救护、灾后心理辅导等方面,能够在紧急时刻为人们提供

重要的帮助，甚至挽救生命。

中国四川绵竹地区 2013 年 1 月 5 日发生 3.0 级地震，地震发生 9 秒后，通过微博自动发布地震预警信息，显示地震横波还有 15 秒到达成都，为现场公众及时避难争取了更多的时间。另外，2013 年在中国“4.20”雅安地震期间，微信、微博等移动互联网新应用在建立协同指挥微信群、报平安、播报灾情、寻人、转发求助等方面扮演了重要的角色。

3. 物联网和移动互联网技术在应急通信指挥应用中面临的技术挑战

物联网和移动互联网技术作为新一代信息通信技术的重要组成部分，在应急通信指挥应用中还面临较大的技术挑战，例如：

① 应急通信的对象由人扩展到物，感知手段和信息类型多样化，在感知层需要为终端、网络、系统设计新的安全策略；

② 对海量事件信息的快速处理，如识别、过滤、分析、查询等，需要智能的应急信息处理平台。

③ 由于海量的 MTC 终端接入移动通信网络会导致核心网的信令拥塞和过载，特别在事故发生后，如断电恢复后的大量 MTC 终端同时上报数据或网络故障后大量 MTC 终端漫游到另一个网络进行接入时带来的瞬间压力，等等。

4.5 无线定位技术

定位是在突发事件发生时满足救援目标追踪、位置导航以及反恐时对危险人或物实时追踪等应急需求的重要应用。定位方法通常包括三类^[14]：推算定位、接近式定位和无线定位。本书主要介绍目前广泛应用的无线定位技术。

无线定位技术通过测量无线电波的一些传输参数，如飞行时间（Time-Of-Flight, TOF）、信号相位、信号强度和到达角度等，并根据已知位置信息的参照物计算被测物体的位置，包括经度、纬度、高度等信息。无线定位技术包括卫星定位技术和地面无线定位技术，二者的差异主要体现在：卫星定位是一种星基三维定位技术，而地面无线定位是一种陆基二维定位技术。

为满足应急定位、目标追踪、位置导航等特殊的应急通信指挥需求，基于无线定位技术的卫星定位系统和地面无线定位系统对于应急通信指挥具有重要作用。

4.5.1 卫星定位技术

卫星定位是利用卫星定位系统确定终端位置信息的技术^[15]。卫星定位系统一般由三部分组成：卫星、任务控制中心（Mission Control Center, MCC）和用户机。卫星定位

采用三球交会几何定位原理实现，具体描述如下。

卫星向地面发射测距、瞬时坐标位置等信号。用户某一时刻同时接收三颗以上卫星信号，测量至三颗卫星的距离，解算出卫星的空间坐标。以三颗已知空间坐标的卫星为球心、距离为半径画球面，由三个球面的交点确定用户位置。

目前，全球有四大卫星导航定位系统，美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS、欧洲的 GALILEO 和中国的北斗卫星导航系统（简称“北斗”），主要参数和性能比较如表 4-2 所示，都基于三球交会几何定位原理。但前三者由用户设备独立解算自己的三维定位数据；而“北斗”只能先由地面 MCC 解算，再向用户提供三维定位数据。

表 4-2 四大卫星定位系统之间的参数和性能比较

卫星导航系统	GPS	北斗	GLONASS	GALILEO
所属国家	美国	中国	俄罗斯	欧盟
开发历程	20 世纪 70 年代美国军方开发，1994 年建设完成	20 世纪 80 年代中期开始，2003 年建成北斗一代，2012 年北斗二代亚太地区组网完成	20 世纪 80 年代初开始建造，1995 年投入使用	20 世纪 90 年代提出，2002 年正式批准，2008 年 4 月开始建设
覆盖范围	全球、全天候	全球（2020 年，二代）	全球	全球
导航卫星数量	24 颗工作卫星，4 颗备用卫星	北斗一代 3 颗卫星（2 颗工作，1 颗备用），二代建成后 5 颗静止、30 颗非静止轨道卫星	24 颗，因经费问题经常运行数量达不到设计数量，最少时仅有 6 颗在运行，目前 18 颗在运行	27 颗运行卫星，3 颗备用卫星，目前还没有建成
定位精度	10 米（民用）	10 米（北斗二代）	5~20 米	5 米左右
用户范围	军民两用，军用为主			
建设进度	1994 年 GPS 卫星导航系统建设完成，目前在研制第二代 GPS 系统	由 16 颗导航卫星组成的北斗系统已经正式对亚太大部分地区提供服务	目前有 20 颗卫星，只有 18 颗处于运行状态，1 颗处于系统连接，1 颗处于维修状态	1999 年欧盟公布伽利略建设计划，目前系统处于建设中
优劣比较	成熟	独有位置报告、短报文通信服务，突出互动性和开放性	抗干扰能力强	精确度高

“北斗”定位以两颗卫星为球心，两球心至用户的距离为半径作为两个球面，另一个球面以地心为球心，以用户所在点至地心的距离为半径的球面，三个球面的交会点即为用户的位置。“北斗”定位原理，如图 4-12 所示。

虽然不同国家的卫星定位系统在工作体制、定位原理、功能集成、性能指标等方面存在差异，但利用卫星定位也存在一些相同的特点，主要包括：

（1）定位覆盖区域大

空间运行的定位卫星多，轨道分布合理，可以实现区域或者全球定位覆盖。

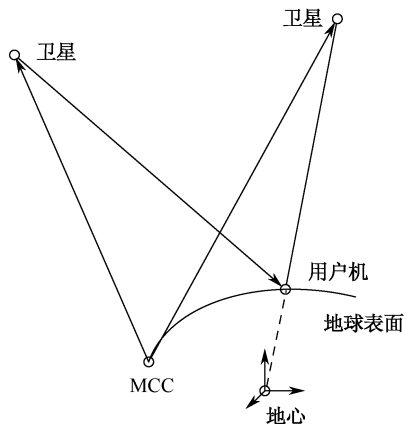


图 4-12 北斗定位原理图

（2）定位精度高

以高精度卫星钟控制下的导航信号为测量对象，通过对多颗定位卫星的伪距测量和伪距变化率的测量完成位置坐标和运动速度的确定。

（3）功能多、应用广

从单一的定位功能向导航、跟踪、通信、识别高度集成的方向发展。

4.5.2 地面无线定位技术

地面无线定位技术利用地面无线通信技术确定终端的位置信息^[16]。地面无线定位的基本原理是通过检测某种无线电信号的特征测量值（如到达时间、时间差、信号强度等参数）来实现对用户机的二维定位。从几何角度来看，确定目标在二维平面的位置可以由两个或多个曲线在二维平面内相交得到。

现有的地面无线通信技术，如蜂窝移动通信网络、WLAN、自组织和无线传感网络、RFID、红外、蓝牙等，都可以用于定位，采用的基本方法和技术都是相同或相似的，主要包括三类：基于电波场强的定位技术、基于电波到达入射角（Angle-Of-Arrival, AOA）的定位技术、基于电波到达时间（Time-Of-Arrival, TOA）或到达时间差（Time-Difference-Of-Arrival, TDOA）的定位技术。下面以蜂窝移动通信网络的 TOA 定位方法为例，详细阐述地面二维无线定位原理。

若已知用户机到基站 i 的直线距离 R ，根据几何原理，用户机一定位于以基站 i 所在位置为圆心， R_i 为半径的圆周上，即用户机位置 (x_0, y_0) 与基站位置 (x_i, y_i) 之间满足关系：

$$(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 = R_i^2$$

如果已知用户机与三个基站之间的距离,以三个基站所在位置为圆心,用户机与三个基站的距离为半径画圆,则三个圆的交点即为用户机所在的位置。

基于不同技术体制的地面无线定位技术各有特点,在工作频段、系统结构、定位精度、应用场景等方面存在明显差异。下面简要介绍一些常用的地面无线定位技术。

蜂窝移动通信网络支持无线定位已成为其必备功能之一。随着蜂窝移动通信技术的快速发展,它的移动定位服务能力也不断增强,例如,在 TD-LTE 系统中引入了支持定位功能的新协议 LPP (LTE Positioning Protocol) 和 LPPa (LTE Positioning Protocol Annex)。基于蜂窝移动通信网络的无线定位技术不需要在终端上添加额外的硬件,可以用于密集城区和室内定位。但蜂窝移动通信网络必须依赖基础设施,而且室内定位精度不高。

基于 WLAN 的无线定位技术需要终端具有额外的 WLAN 通信模块,可以用于密集城区和室内定位。但 WLAN 定位信号容易受到干扰,影响定位效果,而且终端自定位功耗较高。

基于无线自组织网络和无线传感网络的无线定位技术将定位功能集成到小型、廉价的分布式自组织节点上,节点通常利用已知位置信息的“锚节点”确定自己的位置信息,可以用于室内。但无线自组织网络和无线传感网络的节点由于计算、存储以及功耗等能力的限制,定位精度不高。

与卫星定位技术相比,地面无线定位技术主要具有以下特点。

(1) 定位手段多样

现有的地面无线通信技术通常都可以用于定位,但在工作频段、定位精度、应用场景等方面存在差异。特别是对于无线电环境复杂的室内定位应用,精确定位需要综合多种技术手段。

(2) 定位精度要求高

地面无线定位技术在室内的应用通常需要 1~2 m 甚至更高的定位精度。

4.5.3 无线定位技术在应急通信指挥中的应用

为满足应急定位、目标追踪、位置导航等特殊的应急通信指挥需求,基于无线定位技术的卫星定位系统和地面无线定位系统对于应急通信指挥具有重要作用。

1. 卫星定位技术在应急通信指挥中的应用

卫星信号由于无法穿透建筑物,一般不适用室内应急定位,主要用于室外应急定位。

将卫星定位技术、导航技术、GIS 技术相结合,可以实现可视化的目标追踪、位置导航等应急通信指挥应用。

2. 地面无线定位技术在应急通信指挥中的应用

地面无线定位技术主要用于室内突发事件的应急定位与导航,如反恐、消防等,地面无线定位技术在室内应急中的应用如图 4-13 所示。由于室内面积小、多径衰落严重,室内定位应用在定位精度、稳健性、安全性、方向判断、标志识别、复杂度等方面具有自身的特点,通常需要综合应用多种技术手段。



图 4-13 地面无线定位技术在室内应急中的应用^[17]

3. 无线定位技术在应急通信指挥中应用面临的技术挑战

目前,卫星定位技术在室外应急通信指挥中具有广泛的应用,但无线定位技术在室内应急通信指挥中应用还面临一些技术挑战,例如:

- ① 室内环境会出现无线信号“盲点”,需要临时部署可移动的无线定位节点,如移动传感器;
- ② 室内环境中无线信号受多径衰落和干扰影响大,精确定位需要无线定位技术的实时协同。
- ③ 低成本与高性能(如稳定、低功耗、高集成度、高精度等)之间的矛盾问题。

4.6 云计算和智能信息处理技术

云计算和智能信息处理技术^{[19][20]}是以计算和存储为核心的、具有一定智能特征的信息技术，但二者存在较大差异，例如，云计算是一种具备线性计算扩展能力的新系统和新架构；智能信息处理是一种信息的智能软处理、软计算的基础理论。

为满足随时随地的计算和存储、智能辅助决策等特殊的应急通信指挥需求，基于云计算和智能信息处理技术构建新型的应急通信指挥系统，在充分发挥专家队伍和专业人员的作用同时，可以进一步提升应对突发事件的决策水平和指挥能力。

4.6.1 云计算技术

“云”是网络的一种比喻说法，也是对计算资源、存储资源、网络资源等基础设施的一种抽象。因此，云计算是一种基于网络的计算新方法，通过网络上异构、自治的服务为用户提供随时获取、随需使用、随时扩展的计算能力。云计算一般包括三类服务：基础设施即服务（Infrastructure as a Service, IaaS）、平台即服务（Platform as a Service, PaaS）和软件即服务（Software as a Service, SaaS）。云计算的服务栈结构如图 4-14 所示。

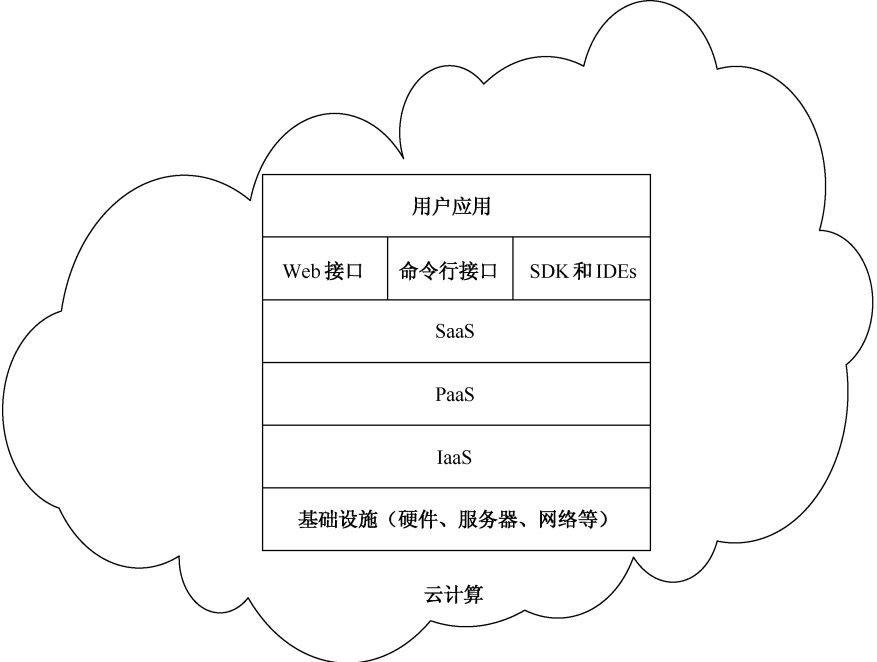


图 4-14 云计算的服务栈结构^[18]

基础设施即服务是用户可使用的虚拟化的计算资源、存储资源和网络资源,允许用户以“瘦客户”的形态存在,并按照用户需求动态分配各种资源。

平台即服务是面向软件开发人员的“云中间件”资源,如操作系统、数据库等,便于为用户开发定制化的应用。

软件即服务是用户可使用的定制化的软件,即软件提供方根据用户的需求,将软件或应用通过租用的方式提供给用户使用。用户通过 Web、命令行、软件开发工具包(Software Development Kit, SDK)和集成开发环境(Integrated Development Environment, IDE)等标准接口实现各种应用的使用和开发。

云计算技术主要具有以下特点。

(1) 规模大

大多数云计算中心都具有大规模的基础设施,如服务器集群,能够为用户提供海量信息的计算和存储能力。

(2) 虚拟化

云计算隐于“云端”,支持用户通过网络在任意时间、任意地点、使用任意类型的终端获取所需的应用服务。云计算服务“不知不觉”、“无处不在”,对用户虚拟化。

(3) 配置灵活、动态可扩展

“云”资源根据用户的应用需求进行灵活配置和动态扩展,能够有效满足用户及其应用增长的需要。

4.6.2 智能信息处理技术

智能信息处理是一门交叉学科,涉及生物工程、仿生学、人工智能、人工生命科学、计算机科学、信息论、应用数学等,是多种学科相互结合和渗透的产物。智能信息处理主要面对的是不确定性系统和不确定性现象信息的处理问题,通过智能的软处理、软计算技术来弥补硬件系统在逻辑推理、模糊信息处理、并行计算、自适应信息处理等方面的不足。

智能信息处理的核心是“智能”,它包括三个层次,即生物智能、人工智能和计算智能。生物智能(Biological Intelligence, BI)是由人脑的物理化学过程反映出来的,基础是有机物。人工智能(Artificial Intelligence, AI)是非生物的、人为实现的,常用符号表示,基础是人的知识精华和传感数据。计算智能(Computational Intelligence, CI)是由数学方法和计算机软件实现的,基础是数值计算和传感数据。

传统意义上的智能信息处理(生物智能、人工智能)通过模仿人或者自然界其他生物处理信息的行为,并采用串行的工作程序按照一定的规则逐步进行计算、处理和控制

等操作。随着信息通信技术的快速发展,传统的智能信息处理已经无法适应海量信息的实时性、可靠性和智能性处理需求,例如,对多信号源的数据的自动、准确、无冗余的提取;预输入的专家知识对多领域的知识发现能力不足等。

计算智能是智能信息处理技术的一种高级阶段,采用了模糊计算、神经计算、进化计算、混沌计算、分形计算等计算智能技术以及小波分析、数据融合等信息处理方法,能够克服传统的智能信息处理技术的不足,实现自适应、并行、高度非线性的智能信息处理。

智能信息处理技术主要具有以下特点。

(1) 处理对象的不确定性

智能信息处理的对象是不确定性系统和不确定性现象信息。

(2) 处理手段的多样性

智能信息处理技术是模糊逻辑、神经网络、遗传算法、小波变换、粗集理论、数据挖掘、信息融合、混沌与分形理论与技术等多种手段的综合与集成。

(3) 处理智能体的互通性

智能信息处理的智能体不能在现实环境中单独存在,多个智能体通过网络相互通信并协同工作。

4.6.3 云计算和智能处理技术在应急通信指挥中的应用

为满足随时随地的计算和存储、智能辅助决策等特殊的应急通信指挥需求,基于云计算和智能信息处理技术构建新型的应急通信指挥系统,可以进一步提升应急通信指挥能力。

1. 云计算技术在应急通信指挥中的应用

云计算技术在应急通信指挥中主要用于随时随地的应急信息存储、获取与处理,以及应急信息的安全保障。云计算在应急通信指挥中的应用如图 4-15 所示。

(1) 基于云计算技术的应急信息存储、获取与处理

应急人员利用授权云终端,按需存储、获取现场和异地的应急信息,随时随地进行应急处置。另外,将智能信息处理技术引入云计算系统中,提供非精确性的不确定计算方法,能够增强系统完成指数级复杂问题计算的能力。

(2) 基于云计算技术的应急信息安全保障

云计算包括“公有云”和“私有云”。“公有云”面向所有用户;“私有云”面向授权的应急处置部门及相关应急处置人员,共享安全保密信息。

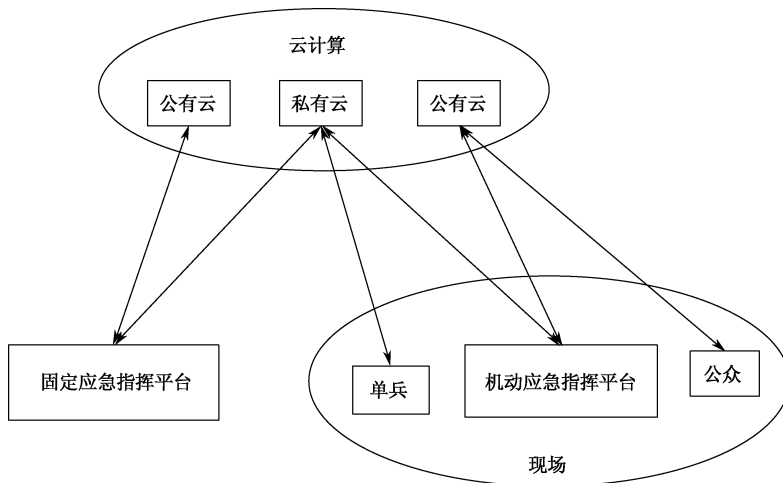


图 4-15 云计算在应急通信指挥中的应用

2. 智能信息处理技术在应急通信指挥中的应用

智能信息处理技术在应急通信指挥中主要用于决策支持系统、视频智能分析系统等。

(1) 基于智能信息处理技术的决策支持系统

基于智能信息处理技术的决策支持系统能够及时发现和预警异常事件，并在较短的时间内形成应急处置方案，为时效性和科学性相统一的应急通信指挥提供辅助决策支持。

(2) 基于智能信息处理技术的视频智能分析系统

与只“监”不“控”的传统视频监控系统相比，基于智能信息处理技术的智能化视频监控系统具备更快速的反应时间、更强大的数据检索和分析功能，可以提高应急通信指挥系统的主动“监控”能力，包括界分析、入侵分析、丢失分析、方向分析、滞留分析、智能跟踪等。

3. 云计算和智能信息处理技术在应急通信指挥应用中面临的技术挑战

云计算和智能信息处理技术属于新一代的信息技术，在应急通信指挥应用中还面临较大的技术挑战，例如：

- ① 应急人员随时随地的、按需的应急信息存储、获取与处理，需要云计算系统间高效的互操作性和数据迁移性，并且要解决安全性问题；
- ② 突发事件类型多样，时效性要求高，需要基于场景实时内容分析的智能信息处理技术；
- ③ 支持现场应急处置人员的“云”接入，需要较强的应急通信能力支持。

参 考 文 献

- [1] 王映民, 孙韶辉. TD-LTE-Advanced 移动通信系统设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
- [2] 毛旭. 认知无线网络中频谱资源管理技术研究[D]. 北京邮电大学博士论文, 2011.
- [3] 彭木根, 王文博. 协同无线通信原理与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [4] Shanzhi Chen, Yingmin Wang, Weiguo Ma, Jun Chen. Technical Innovations Promoting Standard Evolution: From TD-SCDMA to TD-LTE and Beyond[J]. IEEE Wireless Communications, 2012, Volume 19, Issue 1, pp: 60-66.
- [5] Bei Bei Wang, K. J. Ray Liu. Advances in Cognitive Radio Networks: A Survey[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 2011, Volume 5, Issue 1, pp: 5-23.
- [6] Akyildiz I. F, Xudong Wang. A Survey on Wireless Mesh Networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2005, Volume 43, Issue 9, pp: 23-30.
- [7] Bruno R, Conti M, Gregori E. Mesh Networks: Commodity Multihop Ad Hoc Networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2005, Volume 43, Issue 3, pp: 123-131.
- [8] 许毅. 无线传感器网络原理及方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [9] 陈山枝. 宽带传送网生存性策略及方法的研究[D]. 北京邮电大学博士论文, 1996.
- [10] 兰巨龙, 陈山枝, 等. 快速自愈路由协议与试验系统结题验收报告[Z]. 北京: 国家高技术研究发展计划(863 计划) 信息技术领域——自组织网络与通信技术课题, 2009.
- [11] 刘云浩. 物联网导论[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [12] 张传福, 刘丽丽, 卢辉斌, 郎逊雪. 移动互联网技术及业务[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [13] 李胜广, 张之津. 感知城市——物联网在城市应急预警系统中的应用[J]. 中国安防. 2010 年, 第 7 期, 第 42~44 页.
- [14] 于伟. 专用智能定位系统(AILS) 研究及实现[D]. 山东大学硕士论文, 2006.
- [15] 谭述森. 卫星导航定位工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2010.
- [16] 万群, 郭贤生, 陈章鑫. 室内定位理论、方法和应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [17] Jouni Rantakokko, Joakim Rydell. Accurate and Reliable Soldier and First Responder Indoor Positioning: Multisensor Systems and Cooperative Localization[J]. IEEE Wireless Communications, 2011, Volume 18, Issue 2, pp: 10-18.
- [18] Ruoshui Liu, Ian J. Wassell. Opportunities and Challenges of Wireless Sensor Networks Using Cloud Services[A]. Proceedings of the workshop on Internet of Things and Service Platforms[C], 2011, pp: 1-7.
- [19] 王鹏. 云计算的关键技术与应用实例[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- [20] 王雪, 王晟. 现代智能信息处理实践方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.



第5章 应急通信组网与现场信息采集

本章要点

- 应急通信的组网方式
- 现场信息采集



本章导读

本章从现场应急处置中的作用和覆盖范围角度，首先指出针对突发事件的现场场景以及事态发展的不同时间阶段，需要对多种信息通信技术的适时、适用、适度的综合应用，阐述了应急通信的广域中继组网、现场区域中继组网和现场接入组网，并对不同通信与网络技术在三种组网方式中的应用进行分析和比较；进而阐述了现场信息采集，主要包括数据信息、音频信息、图片图像视频信息和目标定位四种类型，以及数据融合。

5.1 应急通信的组网方式

5.1.1 概述

现有的常规通信网络（典型的如公网）在基础设施抗毁、网络容量等方面的设计和实现时，出于经济成本等因素的考虑，对突发事件在发生的时间、地域、事件类型、影响程度等方面的难以预测性，可能无法满足现场用户的应急通信需求，特别是难以保障重大突发事件现场应急处置人员的通信需求。因此，需要在现场快速建立应急通信网络，以确保现场以及现场与后方的应急通信指挥畅通。

应急通信网络不是一种新型的通信网络技术，是预先建立的专网或在现场临时建立的通信网络。针对应急通信指挥不同的应用场景和需求特征，应急通信网络是由多种通信与网络技术的适时、适用、适度的综合组网应用。在第3章和第4章中介绍了很多能应用于应急的通信与网络技术。适时强调应急通信指挥在不同时间阶段的有不同需求，能满足某个时间阶段需求的某些应急通信技术的综合应用；适用强调满足不同应急通信指挥需求的最适用应急通信技术；适度强调为满足不同应急通信指挥需求的效率，不是越多的应急通信技术综合应用越好，而是能满足需求的应急通信技术最小集综合应用。

应急通信网络和设备主要具有以下功能特点。

（1）组网灵活和快速部署

包括有基础设施（如公众电信网、互联网、广播网）和无基础设施网络（如自组织网络）、有中心（如蜂窝移动通信网络）和无中心（如云计算网络）等多种网络形态，能够随时随地灵活组网和快速部署。

(2) 小型化

包括网络设备的小型化、通信终端的小型化等，便于运输和携带。

(3) 节能型

应尽可能地节省电源，适应不同户外环境的应用，能够长时间、稳定地工作。特别是通信终端应体积小、质量轻，便带便携，并具有小型发电机、备用电池、太阳能蓄电等多种供电方式。

(4) 移动性

可由机动的物理平台承载，如车、船、飞艇、无人机、直升机等，也可由单兵携带，便于移动应急通信指挥。

(5) 易操作

应简单、易操作、易维护，特别是现场应急通信指挥系统能迅速开通，操作界面友好、直观，所有接口标准化、模块化，并能兼容现有的各种网络和设备，实现互连互通。

(6) 安全性

对于突发事件应急处置过程中可能涉及的敏感信息，必须加以适当的网络安全防护。

为及时有效地进行现场应急处置，首先需要综合考虑突发事件的性质、事态发展的不同时间阶段、现场的地理环境和气候条件、用户的需求等因素，进而构建高效、实用的现场应急通信网络。通过梳理上述影响现场应急通信组网的因素，从宏观意义上讲，应急通信组网主要涉及以下两大类应用场景、三个维度。

1. 应急通信组网主要涉及的两个场景

(1) 现场及周边的公网大部分或者全部损毁

通常，由地震、洪水等自然灾害引起的重大突发事件导致。

(2) 现场的公网局部拥塞或者不受影响

通常，由恐怖袭击、游行集会等人为因素以及部分自然因素引起的突发事件导致。

2. 应急通信组网主要涉及三个维度

(1) 事态发展的不同时间维度

在事态发展的不同时间维度,需要适时、适用、适度地选用应急通信技术进行组网。例如,在2013年中国“4.20”雅安地震期间,芦山县城及周边道路坍塌、天气恶劣,导致车载平台无法进入、直升机难以降落等局面。首先,通过直升飞机向震中几个县空投了卫星电话,第一时间建立应急通信,把现场灾情及时传回指挥部^[1]。进而,快速、有序地向震中县城输送大量应急处置人员和通信装备,如车载平台、VSAT 便携站等,逐步建立现场的专用应急通信网络,进行现场应急指挥与处置。最后,随着公网通信的恢复,应急处置人员将充分利用公网的应急通信辅助作用,而公众通信也趋于正常。

(2) 应急通信组网的组网方式维度

从应急通信的作用和覆盖范围角度,存在广域中继组网、现场区域中继组网和现场接入组网三种主要组网方式。

- 广域中继网络:实现突发事件现场内对象(如现场机动应急指挥平台)与后方对象(如后方固定应急指挥平台)之间的组网连接,保持前后方通信和指挥的畅通,避免出现现场信息孤岛。
- 现场区域中继网络:实现现场大范围区域内(半径大于10千米)对多个接入网络的汇聚与互连,接入现场机动应急指挥平台,并通过广域中继网络接入后方固定应急指挥平台。现场区域中继网络主要用于增强现场多个工作区域、多个机动应急指挥平台之间的信息共享与互连能力。
- 现场接入网络:实现一个工作区域内(典型工作区域一般为3~5千米覆盖半径)应急处置人员之间通信指挥和数据传输与共享功能,现场接入网络能直接接入现场机动应急指挥平台。

在实际应用中,当现场区域半径小于10千米时,很有可能就不需要现场区域中继网络,只需要现场接入网络和广域中继网络构成应急通信网络。

(3) 应急通信组网的组网技术维度

目前,现场普遍采用的通信与网络技术主要包括卫星通信、短波通信、微波通信、公网(如PSTN、PLMN、互联网等)、集群通信、无线自组织网络、WSN、无线接入(如4G、3G、2G等)。正如本书第3章、第4章中所述,上述通信与网络技术各有优缺点,能够独立组网,并能够在组网覆盖范围和功能上互相补充,所以综合选用哪些技术时应采用适时、适用、适度的原则。

现场采用的典型组网方式及组网技术,如表5-1所示。

表 5-1 现场典型组网方式及组网技术

组网技术 组网方式	卫星通信	短波通信	微波通信	无 线	集群通信	无线传感网	公网
广域中继组网	●		●				●
区域中继组网	●		●	●			●
现场接入组网	●	●		●	●	●	●
备 注				可结合自组织网络技术			

广域中继网络可采用卫星通信和微波通信技术进行组网，也可借助公网的广域连接能力实现远程中继组网。现场区域中继网络可采用卫星、微波、宽带无线互联等技术进行组网，也可借助公网进行区域互连。现场接入网络可采用卫星、宽带无线接入、集群通信、无线传感网和公网等多种技术进行组网。宽带无线互联和无线传感网络通常可结合自组织网络技术实现自组织组网方式，从而提高组网灵活性、扩展性和抗毁性。各种组网技术可单独组网，在实际应用中，通常应根据场景不同和应急处置的不同阶段综合应用多种手段。应急通信组网与现场信息采集示意图如图 5-1 所示。

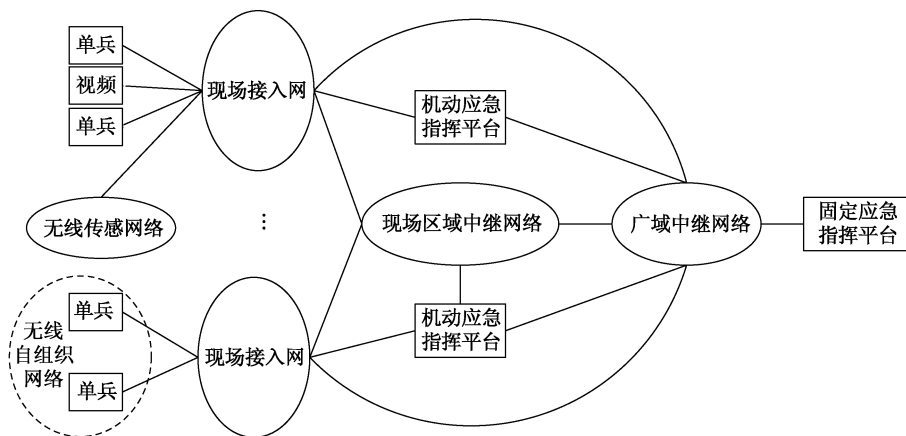


图 5-1 应急通信组网与现场信息采集示意图

一种应急通信组网的实际案例如图 5-2 所示。其中，现场机动应急指挥平台通过卫星通信系统实现与后方固定应急指挥平台的广域中继组网，现场机动应急指挥平台之间通过升空平台搭载宽带无线中继传输系统实现现场区域中继组网。单兵能够独立地自组织组网，并能够通过宽带无线接入系统以及宽带无线集群系统实现与现场机动应急指挥平台的无线接入。有两类不同的终端供现场应急处置人员使用，一类是无线自组织单兵终端，另一类是宽带无线集群终端。

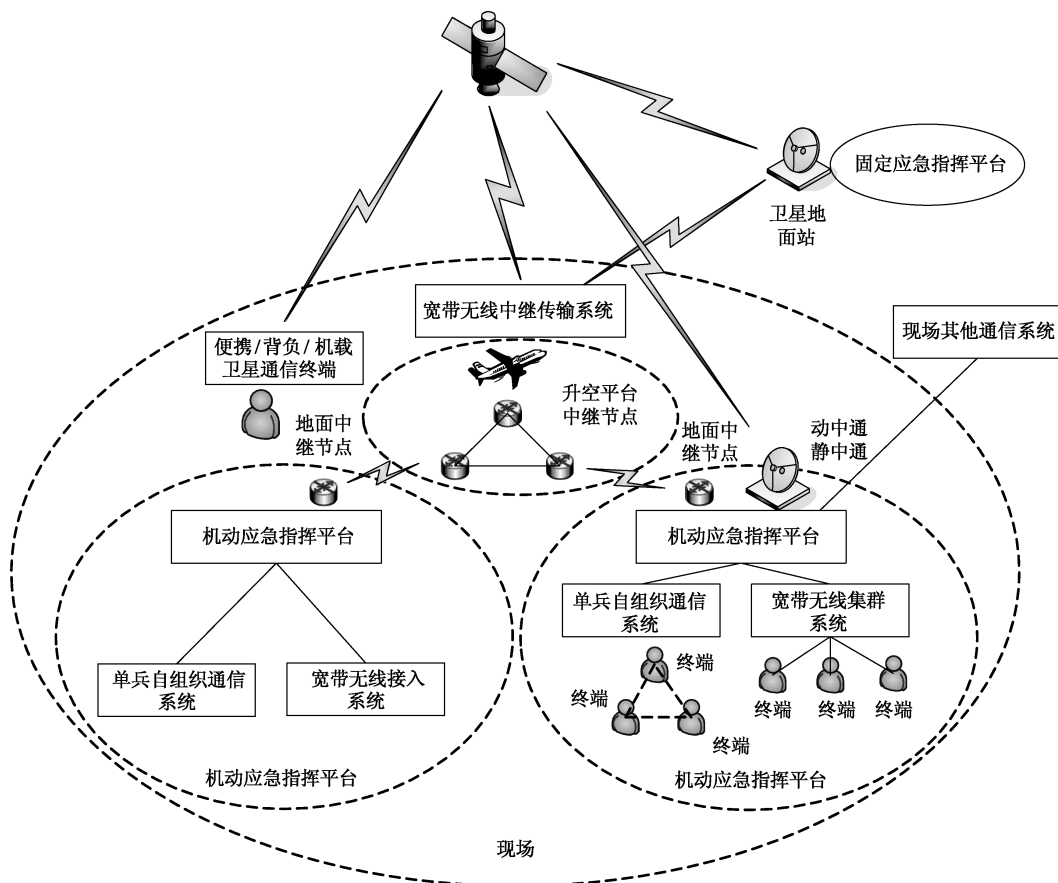


图 5-2 应急通信组网的实际案例图

5.1.2 应急通信的广域中继组网

在应急处置过程中，不但在应急现场需要快速恢复和构建应急通信与指挥网络环境，为了全面掌握应急处置的进展情况，及时调度外部各种力量和资源应对突发事件，现场通信网络需要与后方固定应急指挥平台和相关组织及人员进行有效连接，还需要尽早恢复突发事件涉及的现场公众与其他地区公众的通信。为了满足这些需求所构建的通信网络环境，我们从功能上将其定义为应急通信的广域中继组网。应急通信的广域中继组网如图 5-3 所示。

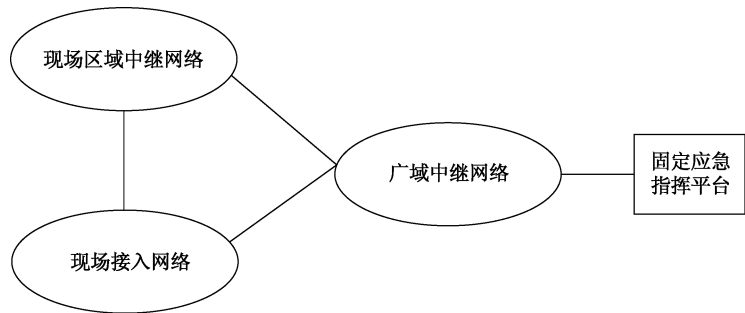


图 5-3 应急通信的广域中继组网

可用于广域中继组网的技术主要包括卫星、短波、微波和公众通信网络（WDM / SDH 光网络等），每种技术各自具有的优缺点在前面章节中已经详细论述，在构建广域中继网络时，便携式卫星设备、短波设备等由于部署灵活、迅速，携带方便，通常能在突发事件发生的第一时间内运抵现场，解决公网瘫痪情况下，现场与外部之间的通信连接问题，但也存在通信带宽不大、组网灵活性不足问题。由于公众通信网络具有通信带宽大，后方可达性好的特点，在现场条件许可情况下可考虑作为首选。此外，微波中继传输在某些情况下也是重要的补充手段。应急通信的广域中继组网技术比较如表 5-2 所示。

表 5-2 应急通信的广域中继组网技术比较

	通信带宽	设备的便携性	部署速度	组网灵活性
卫星	中	优	快	中
微波	中	中	中	差
短波	小	优	快	差
公网	大	差	中	优

*注：组网能力主要指组网的灵活性、扩展性等。

从 2008 年中国“5.12”汶川地震、2012 年中国“4.20”雅安地震等现实案例看，当发生地震、水灾等重大自然灾害时，公网通信往往严重受损，并且在短时间内难以恢复，而这段时间又是各方面对通信要求最为迫切的时段。针对这种情况，通常发挥卫星、短波等设备携带方便、部署迅速、对基础设施依赖程度低等特点，临时建立通信连接，实现现场与后方的中继通信，首先满足上级有关部门和指挥机构了解现场态势并进行及时决策指挥的通信需求，待公网得到逐步恢复后，再向突发事件涉及的现场公众提供通信服务。

5.1.3 应急通信的现场区域中继组网

当突发事件发生时，在较为极端的情况下，如地震、水灾等，可能出现公共通信基础设施损毁、现场大范围通信中断的情形，不同部门通常将车载集群通信等装置运抵现

场，满足各自小范围局部通信与指挥调度的需求。而当突发事件发生或波及的地理范围较大（如超过 10 千米半径）时，通常有多个通信系统和装置进入，此时需要将多个接入网络进行汇聚和中继连接，满足现场机动应急指挥平台信息传输和共享、统一指挥、统一出口的需求，这是应急现场必须解决的又一个通信组网问题。我们将满足上述需求的现场通信网络环境称为区域中继组网。应急通信的区域中继组网如图 5-4 所示。

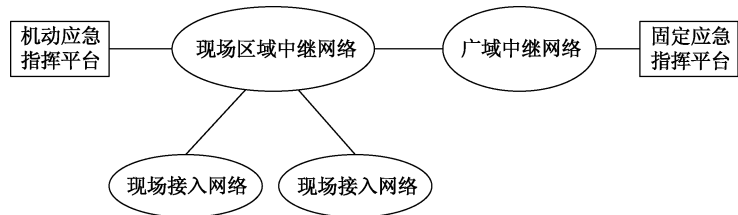


图 5-4 应急通信的现场区域中继组网

可用于现场区域中继组网的技术主要包括卫星、微波、宽带无线互联和公众通信手段（如光通信等）。当公众通信基础设施如光纤等没有遭到损毁并且具有接入条件时，通常可作为优选手段。当公网受到毁坏一时难以恢复时，卫星、微波中继传输由于部署速度较快，是通常采用的组网手段。但这些技术主要以点对点连接为主，在组网灵活性、扩展性等方面存在不足，并且通信带宽不够大。

近年来，随着地面宽带移动通信技术和自组织网络技术的发展，将宽带无线移动通信技术与自组织网络技术进行结合，具有部署方便、组网灵活，扩展性、移动性、抗毁性强等特点，有望成为未来现场区域组网的主流方式之一。

近年来，无人机、气球、飞艇等空中平台技术不断成熟，并得到了越来越广泛的应用。将无线通信设备置于空中平台中作为中继通信手段，该方式对地面建筑等依赖低、部署灵活，可增大无线通信的距离达几十千米甚至上百千米，扩大了无线通信的覆盖范围，同时还具有通信容量大等特点，将是未来现场区域组网的重要方式，特别适用于山岳丛林、分散岛屿、沙漠地带、大片水域等特殊环境。应急通信现场区域中继组网技术比较如表 5-3 所示。

表 5-3 应急通信现场区域中继组网技术比较

	通信带宽	设备的便携性	部署速度	组网灵活性
卫星	偏小	优	快	差
微波	中	中	中	差
自组织网络	大	优	快	优
公网	大	差	中	中

*注：组网能力主要指组网的灵活性、扩展性等。

从现实中发生地震等重大自然灾害的案例来看,公网通信往往受损,此时可通过架设空中平台,安装微波、宽带无线中继系统,将现场多个地面车载接入系统进行中继互连,从而覆盖现场较大区域,还可根据需要架设多个空中平台并进行互连组网。值得注意的是,在山区等复杂环境下,由于塌方、天气恶劣等原因往往出现地面道路不通,空中交通困难等情况,这时卫星通信仍是第一时间能采用的传统通信手段。

5.1.4 应急通信的现场接入组网

在应急处置现场,最基本的工作单元是分布在现场不同部位的应急处置工作小组。其成员主要是深入一线的应急处置人员,他们所处的环境通常具有复杂、多变的特点。应急处置工作小组成员之间需要实时便捷的通信联络、共享信息和协同应急处置手段,同时还需要与现场机动应急指挥平台建立实时的通信连接,事发现场的图像、数据信息有时也需要进行实时采集并传输至现场机动应急指挥平台。我们将满足现场单兵接入与协同通信、信息采集与传输功能的网络环境称为应急通信的现场接入组网。应急通信的现场接入组网如图 5-5 所示。

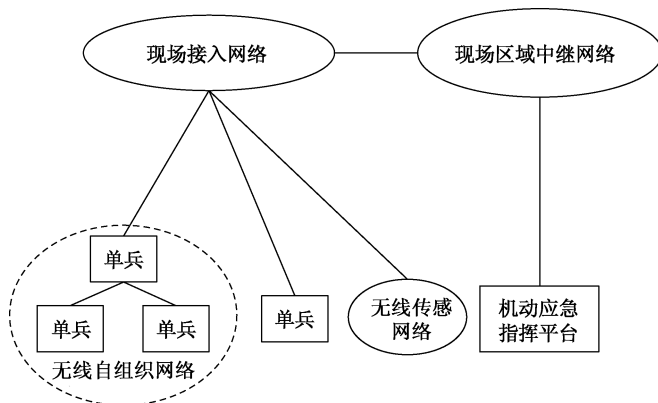


图 5-5 应急通信的现场接入组网

可用于现场接入组网的技术主要包括卫星、短波、集群通信、宽带无线接入、无线传感网和公众通信网等。在应急现场一线,公众通信网络接入环境通常由于基础设施的损毁难以发挥作用,即使没有损毁,由于人员密集,容易造成网络拥塞。同时,现有公网缺少优先通信和指挥调度能力,难以满足应急处置一线人员通信与指挥调度的需要。车载集群通信是目前最常用的手段。传统的集群通信主要以支持人员之间语音通信业务为主,在多媒体接入和数据传输等方面能力不足。

为了满足多媒体化指挥调度和信息采集的需要,集群通信呈现出与宽带无线接入、自组织网络等技术进行融合,向宽带集群通信方向发展的趋势,将逐渐成为现场接入组

网的主流手段。

无线传感网络技术主要实现对现场信息的采集，是现场接入组网的末梢网络。

卫星、短波通信主要用于满足在特殊环境下单兵远端接入的需要，是现场接入组网的补充和备份手段。应急通信现场接入组网技术比较如表 5-4 所示。

表 5-4 应急通信现场接入组网技术比较

	通信带宽	设备的便携性	部署速度	组网灵活性	业务功能
便携式卫星	小	优	快	差	语音、低速数据
短 波	中	中	中	差	语音、低速数据
现有集群	中	优	快	优	语音、中低速数据、调度功能
宽带无线接入	大	优	快	优	语音、高速数据、图像等
无线自组网	中	优	快	优	语音、数据
无线传感网	小	优	快	优	低速数据
公 网	大	差	中	中	语音、数据、图像等

在重大自然灾害和一些重大事故现场，公网大面积受损，且因道路受阻导致无法快速恢复现场应急通信。例如，在 2013 年中国“4.20”雅安地震期间，在宝兴县灾区，县境内省道 210 线和县道多处垮塌，周边山体多处大面积塌方，多处发生地质灾害，峡谷气候恶劣，直升机无法降落，全县电力、通信中断。在这种情况下，便携式卫星终端是现场第一时间与外界通信的主要手段，但其数量有限，难以满足现场信息采集和应急指挥调度的需要。通常需要尽快将车载集群系统运抵现场，进行指挥调度，并通过宽带无线接入系统进行高速数据和图像传输，通过无线传感网把现场采集的信息进行上传。

在空间狭小、环境复杂的场合，一般通过便携式卫星终端、短波实现单兵接入。无线自组织网络可用于在信号屏蔽较为严重的特殊情况下，进行单兵间协同通信和中继传输，特别是在反恐行动中应用较多。

5.2 现场信息采集

在保障现场应急通信网络畅通的基础上，为全面采集现场的数据、语音、图片 / 图像 / 视频、目标定位等信息，通常需要综合利用多种技术手段，如传感器、射频识别、音频终端、摄像机、GPS 等，并实现多源数据融合。

5.2.1 数据采集

数据采集是指对现实世界中被测对象的信息（物理量、化学量、生物量等）进行采

样,产生可供计算机处理的数据的过程。现场常用的数据采集仪器设备包括传感器、生命探测仪、便携式条码扫描终端等。

(1) 传感器

传感器(Sensor)是一种能将特定的被测信息(包括物理量、化学量、生物量等)按一定规律转换成某种可用信号输出的器件或装置。所谓的“可用信号”是指便于处理、传输的信号,如电信号、光信号。目前,电信号是最易处理和便于传输的信号,因此,当前大多数的传感器是将外界非电信息转换成电信号输出的器件。关于传感器的一些流行分类方法,见表5-5传感器的分类^[1]。

表 5-5 传感器的分类^[2]

分 类 法	形 式	说 明
按基本效应分	物理型、化学型、生物型等	分别以转换中的物理效应、化学效应等命名
按构成原理分	结构型	以其转换元件结构参数变化实现信号转换
	物性型	以其转换元件物理特性变化实现信号转换
按能量关系分	能量转换型(自源型)	传感器输出量直接由被测量能量转换而得
	能量控制型(外源型)	传感器输出量能量由外源供给,但受被测输入量控制
按作用原理分	应变式、电容式、电压式、热电式等	以传感器对信号转换的作用原理命名
按输入量分	位移、压力、温度、流量、气体等	以被测量命名(即按用途分类法)
按输出量分	模拟式	输出量为模拟信号
	数字式	输出量为数字信号

目前,常用的传感器包括光敏传感器、温敏传感器、湿敏传感器、磁敏传感器、力敏传感器、气敏传感器、超声波传感器、光纤传感器与固态图像传感器等。

传感器主要用于对现场的温度、湿度、雨量、流量、地上/下水位、声波、深部位移、泥位、压力、震动、倾斜、位置等信息进行实时采集,并在极端条件下实现对有毒气体、有毒物质的移动式非接触探测与识别。

(2) 生命探测仪

生命探测仪是通过感应人体所发出超低频电波产生的电场(由心脏产生)来找到“活人”的位置。通过配备特殊电波过滤器可将其他动物,如狗、猫、牛、马、猪等不同于人类的频率加以过滤去除,使生命探测仪只会感应到人类所发出的频率产生的电场。

生命探测仪主要用于在现场搜救被掩埋在倾倒大楼瓦砾中的灾民、穿透墙壁侦测恐怖分子与人质的位置,以及探测进出海关的货柜和车辆夹层是否有偷渡人员等。例如,在2008年中国“5.12”汶川大地震期间,利用生命探测仪进行探测,搜救出数万名被困灾民,其中搜救出的掩埋时间最长的灾民为216多个小时。

（3）移动数据采集终端（Portable Data Terminal, PDT）

PDT 通过读取物品上的各种识别码作为信息快速采集手段,也称为便携式条码扫描终端。另外, PDT 将计算机技术与 RFID、条形码或二维码等技术结合,相当于一台小型的计算机,集激光扫描、汉字显示、数据采集、数据处理、数据通信等功能于一体。

PDT 在现场对救援物资调度与危险物品的快速查询、识别与定位等方面具有重要作用。

未来的数据采集技术将向仪器设备小型化、多参数快速采集、多功能、精确定位等方向发展。例如,未来的智能传感器(Smart Sensor)是一种以微处理器为核心单元,具有检测、判断、信息存储与处理等功能的传感器。

5.2.2 音频采集

音频采集对模拟的、连续语音信号进行采样、量化和编码后将其转换成数字信号,然后再进行记录、传输及其他加工处理。重放时,再将这些记录的数字音频信号还原为模拟信号,获得连续的声音。音频信号的编解码标准主要包括 ITU 制定的 G.7XX 系列, GSM 和 3GPP 移动通信组织制定的 GSM、AMR 系列, ISO/IEC 制定的 MPEG-X 系列等。

目前,对现场各种声音的常用音频采集设备^①主要包括数码录音笔、微型录音机等。

（1）数码录音笔

数码录音笔,数字录音器的一种,造型如笔型,携带方便,同时拥有多种功能,如激光笔功能、MP3 播放等。与传统录音机相比,数码录音笔通过数字存储的方式来记录音频。

（2）微型录音机

微型录音机是指将声音记录下来以便重放的微型机器,它以硬磁性材料为载体,利用磁性材料的剩磁特性将声音信号记录在载体中,一般都具有重放功能。

（3）录音电话机

录音电话机通过监测电话线路上的语音通信信号,将这些信号(模拟的或数字的)转化为可以保存和回放的介质。

（4）智能手机

随着技术进步,智能手机具有录音功能,在一些特殊场景下,可作为现场音频采集

^① 注:此书不将语音通信列在音频采集的范围。

终端。

上述音频采集设备在现场的窃听、监听等方面具有重要作用。例如，在劫持人质现场，对谈判专家、劫匪的对话进行录音，便于后方专家分析和指挥人员决策。

5.2.3 图片 / 图像 / 视频采集

图片 / 图像 / 视频采集是指按照光学成像原理，从景物中获取不同形式的视觉影像。目前，视频编解码标准主要包括 ISO/IEC 制定的 MPEG 系列、ITU 制定的 H26X 系列等，以及中国制定的音视频编码标准（Audio Video Standard，AVS）。

资料专栏	图片 图像 视频
<ul style="list-style-type: none">● 图片是图画、照片、拓片等的统称，涵盖范围比图像大，包含矢量图和位图● 图像是由数码相机、扫描仪、摄像机等输入设备捕捉实际的画面产生的数字图像，是由像素点阵构成的位图● 视频指连续的图像序列，是多帧相互关联的图像，是动态的，也称为视频流	

从技术角度看，过去采用胶卷记录影像，如早期的照相机。目前，普遍流行的数码产品，如数码照相机、数码摄像机等，采用电荷耦合器件（Charge Coupled Device，CCD）或者互补性金属氧化半导体（Complementary Metal-Oxide Semiconductor，CMOS）作为电子数据的存储介质，并能够与计算机直接进行图片 / 图像 / 视频交换。

从平台角度看，图片 / 图像 / 视频采集方式大致可分为三类：地面平台（如固定支架、机动车等）、航空平台（如气球、飞机等）、航天平台（如人造卫星、飞船、空间站、火箭等）。利用固定或者移动的平台搭载图片 / 图像 / 视频采集设备，如照相机、摄像机以及遥感器等，能够获取现场目标照片、航拍图像视频等信息。

对于摄像机的现场视频采集应用，根据不同的实际需要选择不同的设备，如室内环境可能只需选择摄像机、镜头；室外摄像机可能需要配置防护罩、支架和辅助灯光等，如果需要进行大范围监视，则需要给摄像机配置云台和变焦镜头^[3]。

另外，遥感是在高空或者远距离处，利用遥感器接收物体辐射的电磁波信息，经加工处理，变成可识别的图像电子计算机用的记录磁带，揭示被测物体的性质、形状和变化动态。遥感具有可获取大范围资料、信息量大、快速、周期短、受限制少等特点，可用于现场的遥感测绘、地图保障、大气遥感、水文遥感、地质遥感等。例如，在 2013 年中国“4.20”雅安地震期间，中国国防科技工业局在地震后根据卫星轨道和机动能力，立即紧急启动 5 颗卫星，担负雅安地区遥感数据成像任务，并向地震局、国家减灾委员会和测绘地理信息局等有关部门，提供震前中国卫星拍摄的灾区图片。

随着技术进步，智能手机已具有拍照和录像功能，在一些特殊场景下，可作为现场图片、视频采集终端。随着移动互联网和社交媒体（如微信、微博等）在民众中发展和普

及，在 2013 年中国“4.20”雅安地震期间，公众利用智能手机的拍照和录像功能提供有关人员、道路的照片、地图及其他关键任务信息，并可共享和实时更新。

5.2.4 目标定位

定位是指确定被测物体的位置，包括经度、纬度、高度等信息。定位方法通常包括推算定位、接近式定位和无线定位三类。其中，无线定位包括卫星定位和地面无线定位，二者的差异主要体现在：卫星定位是一种星基三维定位技术，而地面无线定位是一种陆基二维定位技术。另外，根据定位目标所处的位置，无线定位分为室外定位和室内定位。

室外定位的典型系统包括 GPS、北斗等，室内定位通常可采用蜂窝移动通信网络、WLAN、自组织和无线传感网络、RFID、红外、蓝牙等技术实现。定位技术实现对应急处置人员、被救对象、恐怖分子、特殊重要设备和交通工具（如车辆等）、抢险救灾物资等目标的定位。

关于无线定位技术及其在应急中的应用，详见本书第 4 章 应急通信指挥的新技术与应用。

5.2.5 数据融合

随着现场信息采集技术的不断发展以及实时数据量的不断增大，仅仅依赖单一的数据来源，如传感器，已经无法满足应急指挥通信需求。多信息源数据融合能够产生比应急通信指挥系统中任一单元更有效的现场信息，实现现场信息透明化。

数据融合^[5]是对来自多传感器、多渠道的数据进行多级别、多方面、多层次信息检测、互联、相关、估计和综合，以获得目标状态和特征估计以及态势和威胁评估的一种多级自动信息处理过程，它对不同来源、不同模式、不同时间、不同地点、不同表现形式的信息进行融合处理，最后得出对被感知对象的更精确描述。

从本质上看，数据融合的功能来源于多源信息的冗余性及互补性。数据融合，包括多个传感器信息之间及其他渠道采集的信息之间的融合，如图 5-6 所示。

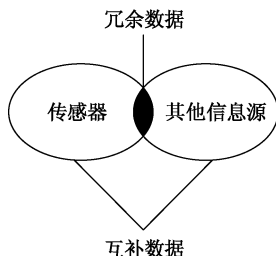


图 5-6 数据融合示意图

根据输入数据的抽象或融合输出的结果不同,人们先后提出了多种有关数据融合的功能模型。采用比较多的是六分级模型,如图 5-7 所示。

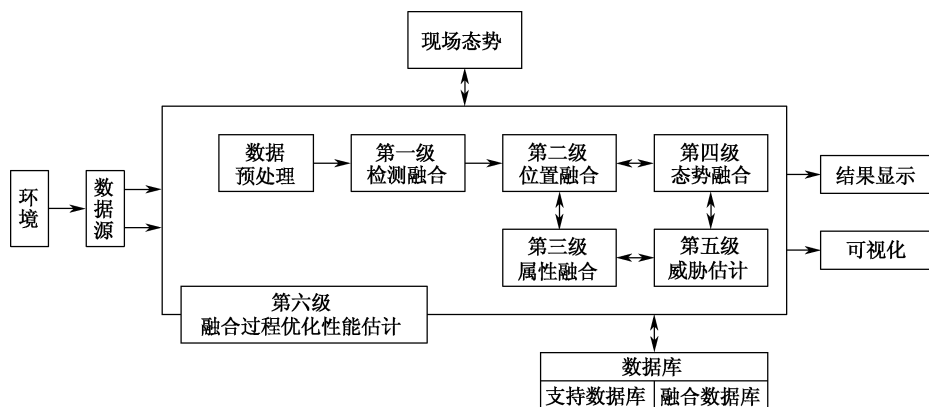


图 5-7 数据融合的六分级功能模型^[4]


对上述的六级功能模型作进一步的总结和抽象,可以把数据融合划分为数据层融合、特征层融合和决策层融合三个层次结构。

作为数据处理领域的一种新兴技术,数据融合技术包括对各种信息源给出的有用信息的采集、传输、综合、过滤、相关及合成,以辅助人们进行态势/环境判定、规划、探测、验证和决策。目前,数据融合技术方案从不同角度可以按不同的方式分类:

- 从技术原理角度,分为假设检验型数据融合、滤波跟踪型数据融合、聚类分析型数据融合、模式识别型数据融合、人工智能型数据融合等。
- 从判决方式角度,分为硬判决和软判决型数据融合。
- 从传感器类型角度,分为同类传感器数据融合和异类传感器数据融合。
- 从对数据的处理方式,分为像素级融合、特征级融合和决策级融合。

参 考 文 献

- [1] 唐磊. 通往宝兴之路[J]. 中国新闻周刊, 2013 年, 第 609 期, 第 44~46 页.
- [2] 贾伯年, 俞朴. 传感器技术[M]. 南京: 东南大学出版社, 2000.
- [3] 西利子. 安防天下——智能网络视频监控技术详解与实践[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.
- [4] 孙义明, 薛菲, 李建萍. 网络中心战支持技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2010.



第6章 应急指挥系统的原理与 功能结构

本章要点

- 概述
- 应急指挥的基础支撑系统
- 应急指挥的决策支持系统
- 应急指挥的综合应用系统
- 应急指挥的管理与安全保障系统
- 应急指挥的模拟演练与评估系统



本章导读

本章首先介绍应急指挥系统的技术原理，包括应急指挥技术以及应急系统指挥的关键过程、系统功能结构和物理实现等，进而简要介绍各子系统的技术、功能与应用。

6.1 概 述

6.1.1 应急指挥技术

应急指挥技术，属于“指挥与控制”学科^[1]。指挥与控制是指综合运用自动化、信息化、智能化等高新技术，通过情报^①收集、信息处理、分析决策、指令传递、指令执行与全程监控等过程，对群体性社会活动进行快速部署、协调控制的技术。指挥与控制技术是管理科学、决策科学、信息科学的交叉学科，是一门科学，也是一门艺术。指挥与控制技术的典型应用为面向军事领域的指挥、控制和通信（Command Control and Communications, C3）系统，其组成架构如图 6-1 所示。指挥与控制技术及其在军事领域中的成熟应用，对于研究应急指挥技术与系统具有重要的借鉴意义。

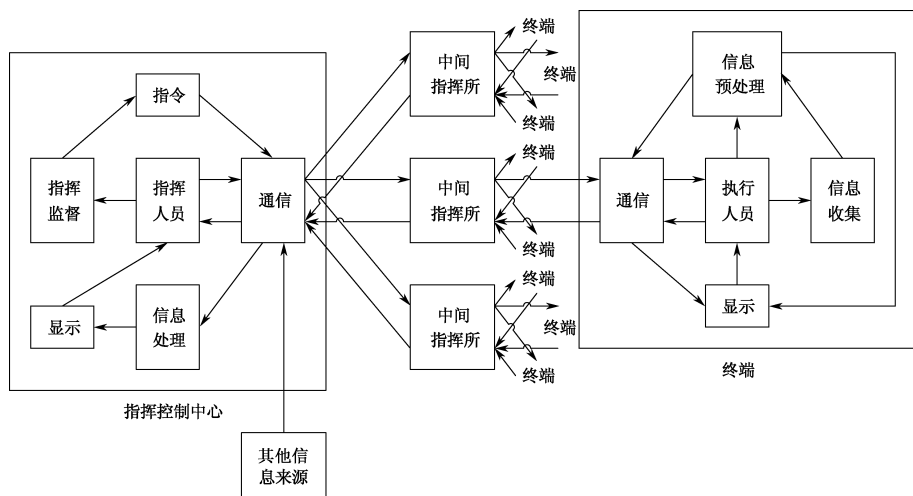


图 6-1 C3 系统的组成架构^[2]

① 情报属于信息范畴，是指某一特定对象所需要且对其有价值的信息，如用于指挥人员形成决策的情报信息。

应急指挥技术是一种特殊的指挥与控制技术,是为应对突发事件,保障社会的平安、稳定、有序,保障人民的生命、财产安全,在快速获取和综合分析相关信息的基础上,形成决策,如应急处置行动方案等,并对人力、物力等资源以及相关应急处置行动实施计划组织与协调控制的一种技术。

本书参考文献^[3]介绍了一个应急指挥活动中的信息演化过程。从应急指挥技术对信息流的处理实现情报活动、决策活动、组织活动和控制活动的过程来看,整个应急指挥活动分为两个阶段:态势分析和指令形成与执行。态势分析主要进行情报活动;而指令形成与执行主要进行决策活动、组织活动和控制活动。应急指挥活动中的信息演化过程,如图 6-2 所示。

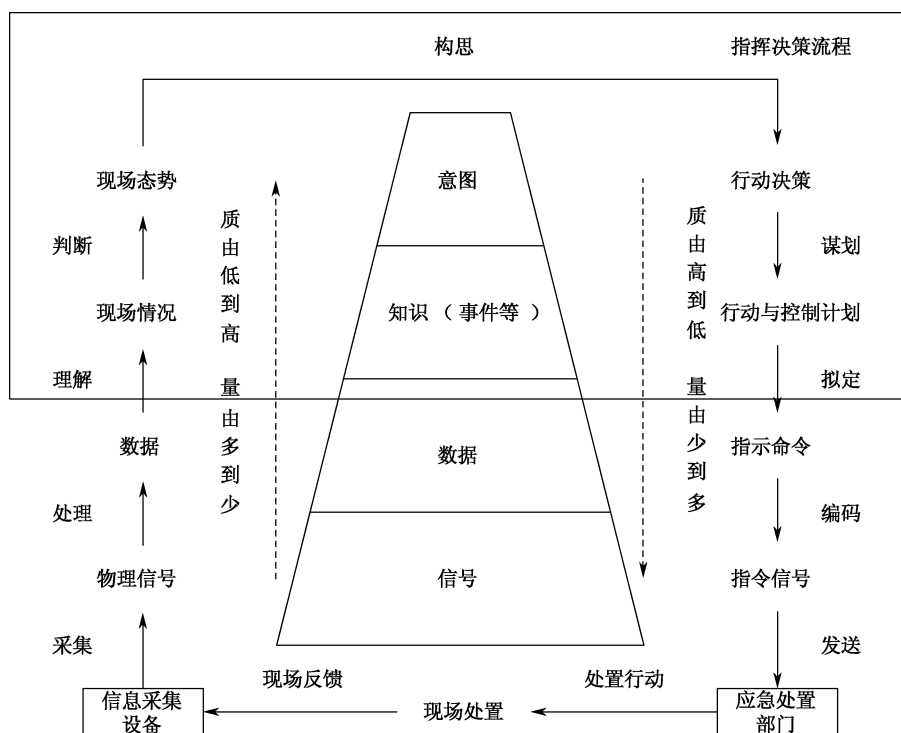


图 6-2 应急指挥活动中的信息演化过程^[3]

1. 应急指挥的五大要素

应急指挥技术在应对突发事件中的应用,主要通过应急指挥的五大要素体现,即指挥者、指挥对象、指挥手段、指挥信息和指挥环境^[4]。

(1) 指挥者

指挥者包括参与应急处置的指挥人员和指挥部门,主要负责运筹决策、计划组织、

发令调度和协调控制。

（2）指挥对象

指挥对象是应急指挥的客体（在本书中，指挥对象是指参与应急处置的相关部门及接警员、单兵等专业人员），以执行者的身份，按指挥者的意图、命令和指示去完成所承担的后方接警、现场抢险救灾、反恐维稳等应急处置任务。

（3）指挥手段

指挥手段是指指挥活动中所运用的指挥工具和器材，其信息化程度越高，指挥能力越强。应急通信就是一种基本的应急指挥手段。

（4）指挥环境

指挥环境包括时间、空间、指挥场所以及现场的气候、地理等自然条件等。

（5）指挥信息

指挥信息是实施应急指挥活动所需要的现场各种情报信息、指令（如决策、行动计划、命令和指示等）、报告（如情况请示、有关事项的报告等）和资料（如数据库、档案、地图等）等的统称。

总之，应急指挥的上述五大要素彼此既相互独立，又相互联系。指挥者的直接作用客体是指挥对象，指挥对象与指挥者相互依存；指挥手段服务于指挥者与指挥对象；指挥环境影响指挥者的指挥活动，影响指挥者与指挥对象之间的相互联系；指挥信息通过指挥手段使指挥者、指挥对象、人员行动形成一个有机整体。五大要素相互作用构成了应急指挥活动的基本运动形态^[4]。

2. 应急指挥方式

应急指挥总是以一定指挥方式进行的。应急指挥方式是否得当，不仅直接影响指挥者的指挥质量与效率，而且还影响指挥对象执行指令的主动性和积极性，进而影响应急处置全局。目前，比较常用的应急指挥方式主要包括集中指挥、分散指挥、按级指挥、越级指挥、指令指挥、指导指挥、任务指挥等。而以指挥权利行使支配的强与弱为标准来区分，集中指挥和分散指挥可作为基本的指挥方式，其他指挥方式都是从这两种方式派生出来的。

（1）集中指挥

集中指挥，又称集权式指挥，指挥者对指挥对象保持高度统一的指挥权，是应急指挥的主要方式。这种指挥方式通常按隶属、配属关系，由指挥者掌握和控制应急处置的

基本行动。当不同职责的相关应急处置部门或人员共同执行任务时，由上级指定的指挥者统一指挥。通常情况下，指挥者按级直接指挥下一级。特殊情况下，指挥者越级指挥下两级甚至三级。

集中指挥的内容主要包括：明确应急处置行动的任务和目标，统一计划组织各种资源，规定下级完成应急处置行动的方法与步骤，集中协调不同应急处置部门或人员的行动。

集中指挥的优越性主要包括：便于指挥者掌控全局，统一组织应急处置并协调控制各方资源，进而形成整体合力。但它也存在缺陷，主要包括：指挥权限过于集中，不利于发挥下级指挥人员的主动性和创造性；一些重要的现场信息因逐级上报而耽误应急处置时间；上级指挥人员工作量大，下级对上级的依赖性大，一旦上下应急通信受阻，会对整个应急处置行动造成重大影响。

（2）分散指挥

分散指挥，也称为分权式指挥，是应急指挥的一种辅助方式。在分散行动时，根据上级总的意图和原则性指示，结合具体情况进行独立自主的指挥。采用这种指挥方式，上级指挥者集权的程度相对减少，而下级指挥者则享有较大的指挥自主权，与应急处置是集中行动还是分散行动无关。

分散指挥的内容主要包括：明确下级任务，下达原则性的指令及完成任务时限；提供完成任务所需的物资，而不规定完成任务的具体方法和步骤；保证下级指挥人员在职责范围内有足够的自主权，可根据任务目标和实际情况，机断处置。

分散指挥的优越性主要包括：利于上级指挥人员集中精力谋全局，“抓大事”；利于发挥下级指挥人员的主动性和创造性，并对意外情况快速反应和决策；利于提高现场的应变能力和适应现场情况多变的特点；上下级间信息交互量相对减少，缓解应急通信保障压力。但它也存在缺陷，主要包括：上级指挥人员对全局协调控制的难度增大；物资使用相对分散；对下级指挥人员的独立指挥能力要求高。

总之，集中指挥和分散指挥作为两种最基本的指挥方式，是辩证统一的，二者既相互对立，又相互统一，需要灵活运用，以适应随时变化、随地不同的实际情况。

6.1.2 应急指挥的关键过程

应急指挥是一种复杂的思维与行为活动，包含的具体内容很多，具有阶段性、有序性等特点。从指挥过程角度来看，应急指挥主要包括信息获取与处理、决策形成、计划组织和协调控制。应急指挥的关键过程如图 6-3 所示。

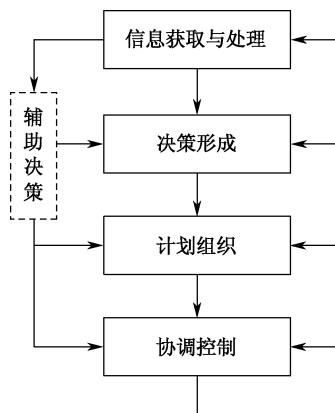


图 6-3 应急指挥的关键过程

1. 信息获取与处理

突发事件的信息采集与获取来源于多种渠道，主要包括物的信息采集和人为获取。传统的人为报警以语音方式为主，通过专线接入，由专职的接警员记录事件内容、时间、地点等信息，或由计算机自动识别报警对象的身份及准确位置，并生成标准化的事件记录。在此基础上，人为报警将引入基于数据业务的新业务手段，如微博求救、微信求救、短信报警等。物的信息采集，如传感器实现的现场信息采集等，对智能报警的可靠性、安全性等方面提出了更高的要求，如紧急事件确认、目标定位、信息安全等。

为确保及时、正确、有效的应急指挥，信息采集与获取具有时效性、针对性、准确性、连续性和安全性等基本要求。同时，对输入的信息需要进行快速分析以及文字、语音、图表、视频等多种类型的内容显示，实现对决策形成、计划组织、协调控制的支持。

2. 决策形成

决策是应急指挥的核心环节，是在指挥者掌握相关信息的基础上，对应急处置行动的目的及其重大问题做出的分析与决断，形成行动方案的活动。应急指挥决策具有主观性、风险性、不确定性等特征，只能是通过当前掌握的信息，由指挥者主观形成的相对最优或者满意解决问题的决策。

决策形成的基本程序主要包括明确任务、判断情况、拟订方案、优选方案四个环节，决策形成的基本程序如图 6-4 所示。

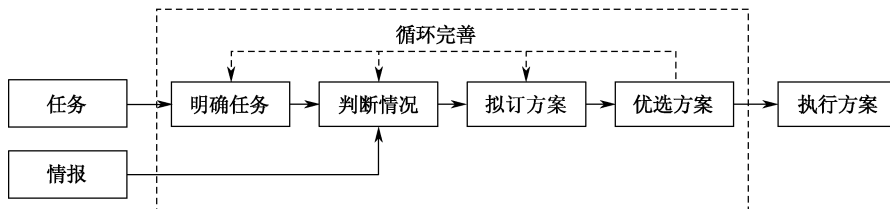


图 6-4 决策形成的基本程序

（1）明确任务

明确任务指明确本级参与应急处置的任务，如在集中指挥时上级的任务、在分散指挥时本部门独立决策的任务等，在完成上级任务中的地位和作用，了解相关应急处置部门的任务以及与本级应急处置部门的协同关系，进而确定本级应急处置行动的目标。

（2）判断情况

指挥者分析各种情报，结合任务要求，判断与执行任务有关情况的实质与影响，正确认定完成任务的有利、不利条件，如任务对象的性质地位、内部构成、行动企图，任务环境的有利因素与不利因素等。

（3）拟订方案

拟订方案的实质是指拟制能够在现实环境中最有效地完成任务目标的途径和方法。拟订方案的主要内容包括任务与目标、应急处置的空间与时间、使用力量、处置方式以及保障资源五个方面。

（4）优选方案

通过运用计算机模拟或电子沙盘、地图推演等方法，围绕适时、适用、适度的原则，对拟订的各种应急处置方案进行比较、分析和评判，从而决断最优或最佳方案。

利用电话等手段进行“一对一”异地信息交互是应急指挥决策形成的重要手段，但对于指挥群体的协作效率不高。网络协作决策是一种基于网络交互展开决策作业的指挥决策活动方式。借助互连、互通、互操作的一体化信息通信网络，应急指挥部门内部或者不同应急指挥部门之间采用视频会议、IP 电话、即时通信（如微信群、飞信群、QQ 群等）等协作信息交互方式，能够展开大量的信息沟通与共享、思想交互和工作协调，以共同完成某一项指挥决策任务，实现超越空间距离、链接时间差异的高效协作交互。此外，随着云计算和智能信息处理技术应用于应急通信指挥，实现对应急过程中大数据的快速存储、获取与智能处理，对提升协作指挥能力具有重要的支撑作用。

3. 计划组织

计划组织是指指挥者为指挥应急处置行动、实现决策而制订具体行动方案的活动。计划组织的主要内容包括行动准备、制订计划、审批计划与下达命令、组织实施。计划组织的内容及相互关系如图 6-5 所示。

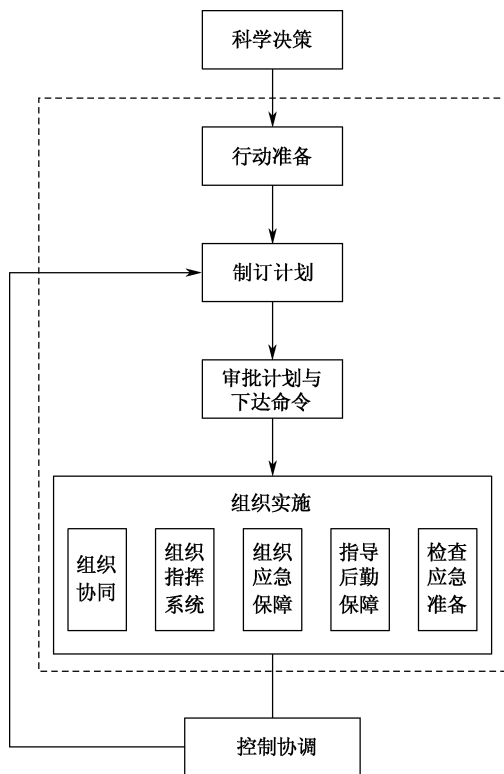


图 6-5 计划组织的内容及相互关系示意图^[5]

(1) 行动准备

行动准备，即为计划组织的开展而进行的人员调度、资料、物资等准备。

(2) 制订计划

制订计划，即对应急处置的行动计划、保障计划和协同计划的实际拟制。

(3) 审批计划与下达命令

审批计划与下达命令，即指挥者审批计划和下达命令。指挥者对现场应急处置人员下达指挥指令是应急指挥过程中最重要的一环。指挥指令要简明，以提高命令传递效率。

和执行的准确性。指挥指令中要以最基本最主要任务为主线，把时间、地点、人员、任务和要求等五大要素说清楚，不必解释命令的背景，也不必赘述无关内容，以免产生歧义。为保证准确无误，可以请对方复述，进行核对。

(4) 组织实施

组织实施包括组织协同、组织指挥系统、组织应急保障、指导后勤保障和检查应急准备等内容。

4. 协调控制

协调控制是指指挥者为达成预定目标和既定的决策而对应急处置行动过程进行的监视、督促、指导，以及对应急处置行动和物资在时间、空间上所进行的协理、调节和控制。协调控制的主要内容包括督促指导、调节控制和调整部署。

(1) 督促指导

根据计划督促指导指挥对象按规定的时间、路线、地点和方式执行任务。

(2) 调节控制

调节控制，即调节控制应急处置行动的节奏、力度，纠正行动偏差。

(3) 调整部署

依据应急处置行动中有关情况的重大变化，重新修订计划，调整部署。

协调控制从应急指挥过程考虑，是一个调控、反馈、再调控、再反馈的循环往复过程，需要可靠的反馈控制机制。

6.1.3 应急指挥的系统功能结构

根据应急指挥的原理及对其实际应用的抽象，本书提出一种应急指挥系统的系统功能结构，如图 6-6 所示。应急指挥系统按照模块化结构进行系统构建，主要包括应急指挥的信息系统、模拟演练与评估系统、管理与安全保障系统三大部分。而应急指挥的信息系统在功能上又分为基础支撑层、决策支持层和综合应用层三个层次。

在现场的接入与信息采集、通信网络等应急通信技术与系统的支撑下（详见第 5 章“应急通信组网与现场信息采集”），上述三大部分系统通过共同作用实现应急指挥的接警与信息发布、资源调配、协调控制、模拟演练与评估、管理与安全保障等功能。

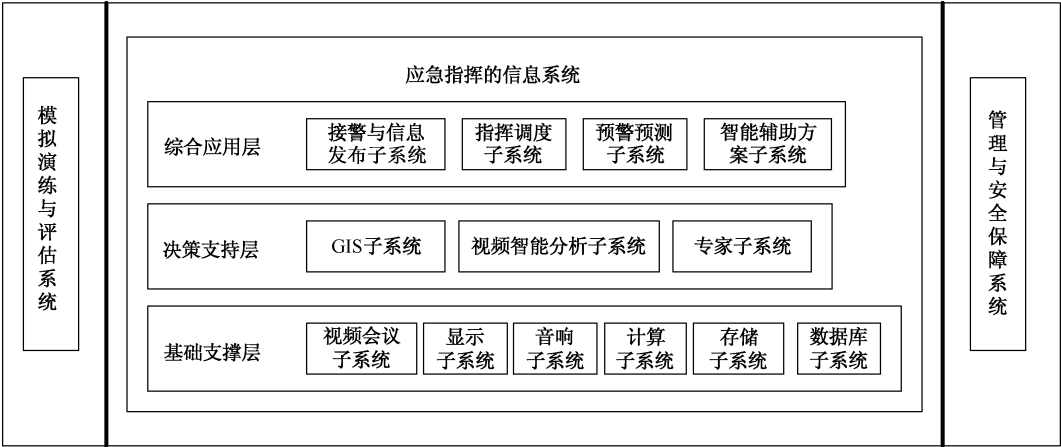


图 6-6 应急指挥系统的功能结构

1. 应急指挥的信息系统

本书第 2 章“应急通信指挥系统的原理与参考模型”中所述的应急指挥的业务与应用就是指本章的应急指挥的信息系统，从其实现功能分类角度，可划分为基础支撑层、决策支持层和综合应用层三个层次。

（1）基础支撑层

基础支撑层主要包括视频会议子系统、显示子系统、音响子系统、计算子系统、存储子系统、数据库等，支撑应急指挥系统的基础运行。

（2）决策支持层

决策支持层主要包括 GIS 子系统、视频智能分析子系统、专家子系统等，通常由专业技术人员为指挥人员正确制定应急决策提供有效支持。

（3）综合应用层

综合应用层主要包括接警与信息發布子系统、指挥调度子系统、预警预测子系统和智能辅助方案子系统等，为应急处置部门和应急处置人员提供快速反应并下达指令的功能。

上述子系统可根据实际需要、经济性等因素选配实现。

2. 应急指挥的模拟演练与评估系统

通过日常的实战演练、模拟演练等方式，组织有关应急处置部门和人员对相关应急预案进行演练和评估。

3. 应急指挥的管理与安全保障系统

从安全管理（如人员管理、安全法规等）和安全技术（如物理安全、通信保密、网络和系统安全、应用系统安全、容灾备份等）的角度保障系统安全。

利用应急指挥系统，应急指挥由最高指挥人员统一领导，由不同权限的指挥人员分级负责实施。现场应急指挥机构负责现场的应急处置工作。应充分发挥各专业应急处置部门和专业人员的作用，并及时向上级部门汇报现场情况，以便应对和决策。

6.1.4 应急指挥的物理实现：应急指挥平台

应急指挥平台是应急指挥系统技术原理的物理实现与载体，是指挥人员、专家、接处警等人员迅速、有效处置突发事件的工作平台，是实施应急指挥的工作场所。根据承载工作场所的物理设施，应急指挥平台（习惯上也称为应急指挥中心，本书统称为应急指挥平台），主要包括固定、移动两种类型。

固定应急指挥平台由指挥大厅、应急机房、辅助工作区等部分构成，一般在一栋或者几栋办公大楼内。移动应急指挥平台主要由大、中、小型机动的物理平台承载，称为机动应急指挥平台，如车、船、直升机等（本书第7章 应急指挥平台与应用中将重点介绍由车改装的应急指挥车）。另外，在地理环境恶劣或者空间狭小，机动应急指挥平台无法进入的现场，通常由单兵携带必要的通信设备进入，如手持式、背负式、便携式等，称为单兵应急系统。

关于固定应急指挥平台、机动应急指挥平台以及单兵应急系统的具体阐述详见第7章 应急指挥平台与应用。

6.2 应急指挥的基础支撑系统

6.2.1 视频会议子系统

视频会议系统（Video Conference System, VCS）是一种集语音、文字和图像于一体的多媒体通信系统，支持处于异地的多个用户之间进行面对面般的交流与协作，具有实时多媒体会商、会议录播与及时发布等功能。

视频会议系统目前主要基于 H.320 技术标准，在功能上，主要由多点控制单元（Multipoint Control Unit, MCU）、会议终端、电话接入网关、网守等部分组成。MCU 是系统的核心，实现语音信号、视频信号以及数据信号的多点对多点的切换、汇接或广播等功能。会议终端包括会议室型（如大、中、小会议室型）、桌面型、手持型（如手

机、PDA 等)等类型,自带摄像头、遥控键盘或操作界面等,实现多媒体信号的输入/输出、编/解码等功能。电话接入网关实现用户直接通过电话或手机在移动的情况下加入视频会议的功能。网守是一种软交换设备,主要用于实现基于 IP 网视频会议功能。

视频会议系统应用于应急指挥系统,能够在处于异地的不同级别的应急处置部门或者应急处置人员之间,如在上级固定应急指挥平台主会场、下级固定应急指挥平台分会场、现场应急指挥车分会场之间,第一时间提供跨部门、跨地域的远程通信、远程视频会商、远程视频协作等多媒体通信业务,解决不同地域间的距离问题,实现信息共享,便于指挥人员决策,提高快速反应能力。

随着 IP 网络的发展与普及,在应急指挥中支持基于 IP 的多媒体通信的需求日益迫切。H.323 是一种基于 IP 网络的多媒体通信技术标准,但其体系结构庞大且较为复杂,限制了视频会议系统便捷、灵活的部署需求。为更好地满足 VoIP 和 IP 视频会议系统的应用,SIP 协议以其简单灵活、扩展方便、与其他互联网协议结合提供丰富的 IP 多媒体业务等特点,正日益受到业界的重视。

6.2.2 显示子系统

显示系统是一种提供视觉信息的电子系统,能够将来自不同电子设备或系统的文字、图片、视频等信号向单人或多人输出显示。

显示系统主要由一种或多种、一台或多台显示设备构成,并需要配备适当的输入装置以便实现人机交互和必要的记录设备供以后查用。

显示系统应用于应急指挥系统,主要包括大屏幕显示系统、车载显示系统、手持显示系统、头盔显示系统等类型。

大屏幕显示系统主要用于固定应急指挥平台,支持单屏、单屏分割、多屏以及整屏等显示方式,能够提供与各级指挥平台的视频会议、远程监测监控数据及视频、现场单兵、基于 GIS 的现场态势及人员定位等视觉信息。

车载显示系统主要用于应急指挥车,能够提供与上级固定应急指挥平台的视频会议图像、现场单兵等视觉信息。

手持显示系统可用于指挥人员或者单兵,如手机、掌上电脑(Personal Digital Assistant, PDA)、平板电脑等,提供人员定位、监测监控数据及视频等视觉信息。头盔显示系统主要用于单兵,实现全方位的周边环境、人员定位等视觉信息。

未来的显示系统将向网络化、智能化、低功耗等高集成度的方向发展。

6.2.3 音响子系统

音响系统是由多种音响设备或器件所组成的放声系统。

音响系统主要由声源设备、调控设备、放大设备、重放设备等构成。声源设备用于

影音信号的播放。调控设备用于对声源设备送出的音频信号进行前级放大、混音输出等处理。放大设备对经调控设备处理的信号进行后级功率放大。重放设备将经过后级放大的音频信号进行电 / 声转换。

音响系统应用于应急指挥系统，主要用于建立指挥调度的音频环境。

在固定应急指挥平台，音响系统满足指挥大厅的指挥指令、视频会议、语音调度以及单兵应急系统汇报等音频的扩声，并满足大、中、小会议室的会议系统发言、视频会议、DVD 设备等音频的扩声。

在机动应急指挥平台，音频系统满足内部指挥室的指挥指令、视频会议、语音调度以及单兵应急系统汇报等音频的扩声，并满足对平台外部周边单兵的指挥调度、广播等音频的扩声。

在单兵应急系统，音响系统主要满足单兵接收语音指令。

6.2.4 计算子系统

计算系统是由硬件系统和软件系统组成的机器系统，具有信息输入、存储、计算和输出等功能。

硬件系统包括中央处理器、存储器、输入 / 输出控制系统和各种外部设备等，是系统赖以工作的物理实体。

软件系统是各种程序和文件，分为系统软件和应用软件两大类。系统软件，如操作系统、数据库管理系统等软件，是指控制和协调计算机及其外部设备，支持应用软件的开发和运行的软件，是用户和裸机的接口，具有与调度、监控和维护系统等功能。应用软件，如文字处理、数据处理、图像处理等软件，是用户为解决各种实际问题而编制的计算机应用程序及其有关资料。

计算系统应用于应急指挥系统，主要对现场采集的信息、存储系统以及数据库系统中的数据等内容进行分析和处理，辅助指挥人员和专业人员，满足对突发事件的风险分析、预测预防、监测预警、应急救援与指挥决策等应用。

针对应对突发事件过程中产生的大数据，例如，北京“7.21”特大暴雨发生后关于灾情的图片在新浪网上3个小时之内就达到了100万张，以及随时随地时效性的应急处置对计算能力不断增长的需求，云计算系统被认为是一种未来提升应急指挥系统计算能力的重要组成部分。云计算系统利用网络将用户机（如智能手机、PDA、笔记本电脑、台式机、平板电脑等）和位于不同计算中心的计算机群互连。一方面，将不同应急处置部门、不同地域的应急计算资源整合在一起，构建规模更大、计算能力更强的虚拟计算系统；另一方面，在无处不在的网络环境支持下，实现随时随地的应急指挥，如决策支持、视频会议接入等应用。

6.2.5 存储子系统

存储系统是指计算机中由存放程序和数据的各种存储介质、控制部件及管理信息调度的设备（硬件）和算法（软件）所组成的系统。

根据存储介质在计算机中的不同位置，可分为主存储器（内存）和辅助存储器（外存）。从存储介质构成原理角度，可分为磁表面存储器、半导体存储器、光介质和磁光介质等；从体系结构角度，可分为直接存储、网络附加存储和存储局域网络三种类型。

存储系统应用于应急指挥系统，主要存储数据库系统中的专业数据、远程监测监控数据及视频、视频会议记录、音频记录、模拟演练与评估分析等信息。针对不同权限的存储系统访问人员，应设置相应密级的安全保障，如用户身份管理、身份鉴别、授权与访问控制等。

随着应对突发事件对信息量需求的不断提升，对存储系统的要求越来越高。由于传统的存储系统多采用集中的网络存储服务器存放所有数据，存储服务器性能、网络带宽等已成为存储系统性能的瓶颈。特别是存储系统的扩展能力，已经不能很好地适应应急大数据的动态存储需要。云存储系统采用灵活的可扩展系统结构，利用多台存储服务器分担存储负荷，利用位置服务器定位存储信息，既能提高系统的可靠性、可用性和存取效率，又能提高扩展性等能力。同时，必须要具有一个高效的类似与网络管理软件一样的集中管理平台，可实现云存储系统中所有存储设备、服务器和网络设备的集中管理、状态监控和安全防护。

6.2.6 数据库子系统

数据库系统（Data Base System, DBS）是由数据库及其管理软件组成的系统，是对数据进行存储、管理、处理和维护的软件系统，是计算环境中的一个核心成分。

数据库系统通常由软件、数据库和数据管理员组成。软件主要包括操作系统、数据库管理系统（Data Base Management System, DBMS）以及应用程序，其中 DBMS 是数据库系统的核心。数据库由 DBMS 统一管理，包括数据的插入、修改和检索等操作。数据管理员负责创建、监控和维护整个数据库，使数据能被有权使用的用户共享。

与普通数据库相比，应急指挥系统的数据库系统中的数据类型多样，如基础信息数据库、地理信息数据库、事件信息数据库、模型库、知识库、案例库和文档库等，尤其是多媒体类数据占很大比重。应急指挥系统需要从众多数据源中进行数据搜集并加工，具有数据量大、数据交换频繁、属性分类多样化，编码规则复杂、数据安全要求高等特点。

未来的应急数据库系统将利用云计算技术,一方面提高系统的存储扩展能力,实现资源的动态共享;另一方面提高对突发事件综合数据库系统中海量数据的计算能力,实现快速风险分析、预测预防、监测预警、应急救援与指挥决策等应用。

6.3 应急指挥的决策支持系统

6.3.1 GIS 辅助决策子系统

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 是一门地理学、地图学、信息学、管理学多学科交叉学科,是描述、存储、分析和输出空间信息的理论和方法。同时, GIS 又是一个以地理空间数据库为基础,采用地理模型分析方法,适时提供多种空间和动态的地理信息,为地理研究和地理决策服务的计算机技术系统。从不同角度对 GIS 定义的理解,主要存在地图、数据库和空间分析三种观点,分别侧重于制图、数据库设计与实现、空间信息的建模与分析。GIS 功能概述 (椭圆) 以及它们的表现如图 6-7 所示。

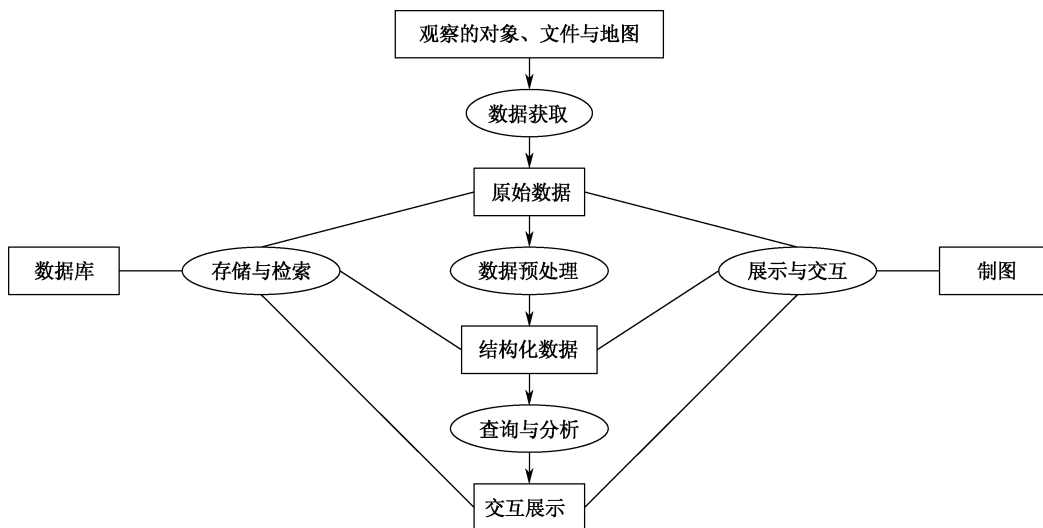


图 6-7 GIS 功能概述 (椭圆) 以及它们的表现^[6]

GIS 系统按其内容,主要分为专题地理信息系统 (Thematic GIS)、区域信息系统 (Regional GIS) 和地理信息系统工具或地理信息系统外壳 (GIS Tools) 三大类; GIS 系统按其构成,主要分为计算机硬件系统、计算机软件系统、地理数据 (或空间数据) 和系统管理操作人员四部分。

GIS 是应急指挥系统的重要辅助决策支持系统,它通过对地形地貌、人员和物体等

目标的地理位置、空间距离等多种应急信息可视化（如地图、影像、多媒体等）的交互显示，能够加快应急处置人员对突发事件的了解、危机判定、决策分析、预警预测、命令部署、模拟演练、联动指挥等过程。

为满足不断涌现的指挥应用新需求，GIS 主要存在以下发展趋势。

- ① 利用真实的三维 GIS（即空间、时间、属性）技术增强和扩展传统的二维 GIS 功能，例如，支持真三维的矢量和栅格数据模型以及以此为基础的三维空间数据库等。
- ② 利用 Web GIS 技术，实现在 Web 上发布空间数据，供用户浏览和使用。
- ③ 将 GIS 与人工智能技术结合，提高 GIS 的智能性，增强其应用模型的分析能力。
- ④ GIS 与 GPS 和 RS 的进一步集成应用称为 3S，构成一个整体、实时、动态的对地观测、分析和应用的运行系统。3S 的相互作用与集成如图 6-8 所示。RS 和 GPS 向 GIS 提供或更新区域信息以及空间定位，GIS 进行相应的空间分析，以便从 RS 和 GPS 提供的海量数据中提取有用信息并进行综合集成，作为决策重要依据。

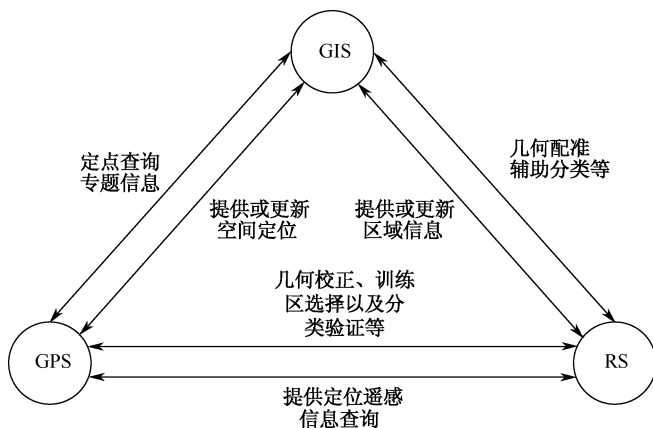


图 6-8 3S 的相互作用与集成^[6]

6.3.2 智能视频分析子系统

智能视频分析系统涉及图像处理、模式识别、人工智能等多个领域，它在传统的视频监控基础上，结合高效的视频编码与视频分析技术，对海量数据中的关键信息进行主动的抽取、挖掘和智能分析，减少人工操作的时间和对比的误差，提高应急处置的效率。

典型的智能视频分析系统的逻辑架构如图 6-9 所示，主要包括视频监控设备、视频编码与分析、监控分析平台三部分。

对于突发事件发生后的人、物理对象等关键要素，利用智能视频分析系统通过对其进行特殊的编码标注，能够实现基于情景的异常事件自动识别与告警，如人脸识别、越界告警等。

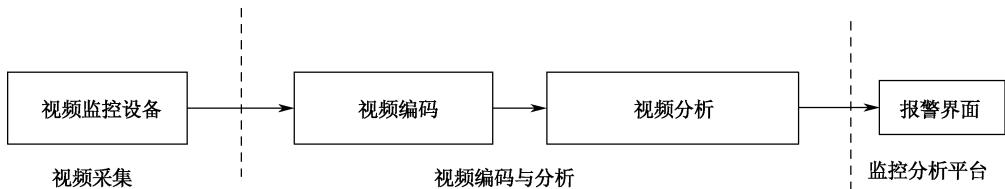


图 6-9 典型的智能视频分析系统的逻辑架构

为快速适应更为复杂和多变的突发事件场景，主动识别和分析更多的异常和行为事件，视频智能分析系统主要存在两个技术发展方向：高效的视频编码技术及基于图像分析和计算机视觉的智能视频分析技术。

6.3.3 专家子系统

与传统的计算机程序系统相比，专家系统是一类具有专门知识和经验的智能计算机程序系统，它通过对人类专家的问题求解能力的建模，采用人工智能中的知识表示和知识推理技术来模拟通常由专家才能解决的复杂问题，达到具有与专家同等解决问题能力的水平。

专家系统主要由知识库、推理机、综合数据库、知识获取机制、解释机制和人机接口等几个基本、独立的部分组成，其中尤以知识库与推理机相互分离而别具特色。专家系统组成如图 6-10 所示。

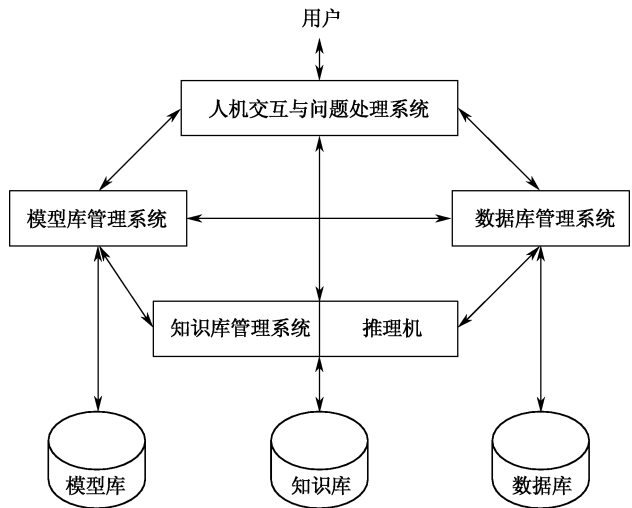


图 6-10 专家系统组成

专家系统由于具有知识与控制程序分离的架构、弹性与易扩充维护的特性、良好的

人机界面等优点,可被应用于构建整个应急指挥系统中每一个知识密集的环节,辅助应急指挥人员的脑力决策工作,以减轻应急指挥人员重复性的脑力劳动,推广和保存专家经验知识。专家系统在应对突发事件时的应用主要包括预测型、监视型、规划型、决策型等几种类型。

未来的专家系统能够由感应器直接接受现场采集的信息,也能够由系统外的知识库获得资料,并实现多个专家系统的协同工作。知识库所存的不只是静态的推论规则,还包括规划、分类、结构模式以及行为模式等动态知识。推理机除推理外,还能够具有行为规划、目标仿真等功能。

6.4 应急指挥的综合应用系统

6.4.1 接警与信息發布子系统

接警与信息發布系统主要具有应急接警、事件上报以及信息發布等功能。

应急接警主要包括两方面:指挥人员下达的应急监测任务、公众的报警。事件上报分为三类:一是突发事件发生后立即上报,即初报;二是在查清有关基本情况后随时上报,即续报;三是在突发事件处理完毕后立即上报,即处理结果报告。信息發布对接到的报警进行短信通知,可通过短信群发、网络在线发布、微信、微博等方式进行突发事件信息的实时发布。

未来的接警与信息發布系统将向集成语音、数据、图像、视频等多种接警与信息發布手段的方向发展,并支持对报警来源和信息發布对象的快速定位,提高信息發布的覆盖面和及时性。

6.4.2 指挥调度子系统

指挥调度系统为指挥人员提供多种方式的指挥调度手段,主要包括电话、短信、视频、会议电视、传真、互联网即时通信等。在决策支持系统的辅助下,指挥人员根据突发事件信息、处置预案的内容和流程,实现快速的资源调配、组织管理、指令传达、视频指挥等功能。

资源调配主要包括各种应急救援物资分配、应急车辆调度、应急设备分配、应急防护设施分配、应急救援设施调度等。组织管理实现对不同级别的指挥人员、专业人员的管理。指令传达包括文本、语音、图像、视频等信息传输方式。视频指挥包括视频会议系统、现场视频信息采集系统等。

未来的指挥调度系统将重点研究综合指挥调度技术及系统,包括基于风险识别的资

源储备与调度模型、资源优化配置体系设计方法、多种救援力量（如政府组织、非政府组织等）的统筹调度与协同作战技术等。

6.4.3 预警预测子系统

预测预警系统主要具有信息采集和汇总、模拟预测与综合研判、预警分级核定、预警结果输出等功能。

信息采集和汇总获取突发事件的预测预警信息并进行汇总分析。模拟预测与综合研判在对突发事件信息进行分析的基础上，调用有关突发事件预测预警模型进行模拟预测和综合研判，并将结果进行二、三维可视化显示。预警分级核定根据事件信息汇总分析、模拟预测和综合研判结果，比对分级指标，确定突发事件当前的预警级别，必要时可对分级进行调整。预警结果输出以图、表、文档等多媒体形式展示预警结果。

未来的预警预测系统将向集成监测、预测、预警的综合研判系统方向发展，实现监测手段现代化、预警方法科学化和信息传输实时化。针对不同类型突发事件及事态演化，研究极端条件下区域灾情的可移动实时监测与识别技术和装备、预警模式和技术、预测模型和方法、不同阶段实施应急救援对事件演化的影响和综合效果预测等。

6.4.4 智能辅助方案子系统

智能辅助方案系统主要具有应急预案数字化、方案生成、方案调整、方案查询与方案要素配置等功能。

应急预案数字化包括数字预案内容以及预案涉及的救援机构、救援队伍、装备设施、医疗急救、现场警戒等应急资源信息的智能检索。方案生成根据突发事件接报及周边信息、专业部门预测分析和综合预测分析的结果，与突发事件相关的应急预案、类似案例以及处置经验和知识，可供利用的应急处置力量和资源等信息，生成实施方案。方案调整根据突发事件现场反馈的信息、新的预测分析结果等，对已生成的方案进行实时动态调整。方案查询与方案要素配置包括对已生成的智能辅助方案的查询、分析、统计，以及对方案生成和调整中所用到的方案内容要素、方案对比分析要素的管理和维护功能。

未来的智能辅助方案系统将向评估、监测、预警、研判综合集成的智能决策系统方向发展，研究案例反演与分析、事件链综合防控等技术。

6.5 应急指挥的管理与安全保障系统

应急指挥的管理与安全保障系统主要实现信息在采集、传递、存储、处理以及应用等过程中的安全。应急指挥的管理与安全保障系统，除了具有人员管理、安全法规等安

全管理措施以外，还必须利用安全技术从分层保护、分域保护和分级保护等不同维度，为应急指挥系统提供相应的安全功能，主要的安全功能如下所述。

1. 应急指挥场所的物理安全

应急指挥场所的物理安全包括具备安全的物理场所，如固定指挥中心大厅、应急指挥车等；划分清晰的功能区域，区域之间设置物理隔离装置，并设置不同等级的出入权限等。

2. 通信保密

对于涉密信息，通信时应按照有关规定配备与涉密信息密级相符的加密设备，实现信息的加密通信。同时，通信加密设备应符合相关通信系统通信接口、通信协议、处理速率等特性，满足实际使用的处理延迟、服务质量、可靠性等方面的要求。

3. 网络和系统安全

网络和系统安全包括广域、区域以及指挥中心局域等通信网络安全以及系统安全（包括漏洞扫描、补丁管理、安全审计等）等。

4. 应用系统安全

应用系统安全包括用户身份管理、身份鉴别、授权与访问控制、责任认定等。

5. 容灾备份

容灾备份包括应急工作场所、基础设施、通信设施、计算系统、存储系统等本地和异地备份。

6.6 应急指挥的模拟演练与评估系统

应急模拟演练系统主要用于日常的实战演练和模拟演练，通过在演练过程中熟悉应急管理职责、协作流程，发现问题等，提高指挥人员的分析决策能力、相关部门间的协同能力以及专业人员的应急业务能力，增强公众的应急防范意识。

应急评估系统包括应急过程再现、分险评估、事件评估、脆弱性分析、应急能力评估、评估指标管理、评估模型管理等，生成应急评估报告，主要包括总结经验教训、发现问题与原因，以及改进有关工作的建议等内容。未来将不断完善评估指标体系，建立全国与区域的综合损失及风险评估体系和模型。例如，在美国，政府通常不预测地震，但对于预期的灾害有长期的风险评估概率模型和脆弱性分析。与构建必要的地震预报系统和地震预警系统相比，美国、日本等国家更重视提高本国的建筑和桥梁质量。

参 考 文 献

- [1] 秦继荣. 指挥与控制概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
- [2] <http://www.baike.com/wiki/指挥、控制和通信系统>. [EB/OL].
- [3] 史越冬. 指挥决策学[M]. 北京: 解放军出版社, 2005.
- [4] 夏文军. 军队指挥学教程[M]. 北京: 军事科学出版社, 2012.
- [5] 王凤鸣, 夏洪志, 李慧智. 反恐指挥[M]. 北京: 人民出版社, 2003.
- [6] 邬伦, 刘瑜. 地理信息系统——原理、方法与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

第7章 应急指挥平台与应用

本章要点

- 应急指挥平台体系
- 固定应急指挥平台
- 机动应急指挥平台
- 单兵应急系统



本章导读

本章在应急指挥系统原理的基础上，首先介绍应急指挥平台体系，进而分别阐述固定应急指挥平台、机动应急指挥平台和单兵应急系统。

7.1 应急指挥平台体系

应急指挥平台是应急通信指挥系统的物理实现与工作场所。多级应急指挥平台根据指挥权限，以一级应急指挥平台为信息汇聚和处理中心，以二级、三级等等级的应急指挥平台为节点。从纵向角度，不同等级的应急指挥平台的功能和技术要求一致性，与统一指挥、分级响应、属地为主的应急管理体制相一致；从横向角度，相同等级的应急指挥平台要求左右衔接、联动作战。多级应急指挥平台体系如图 7-1 所示。

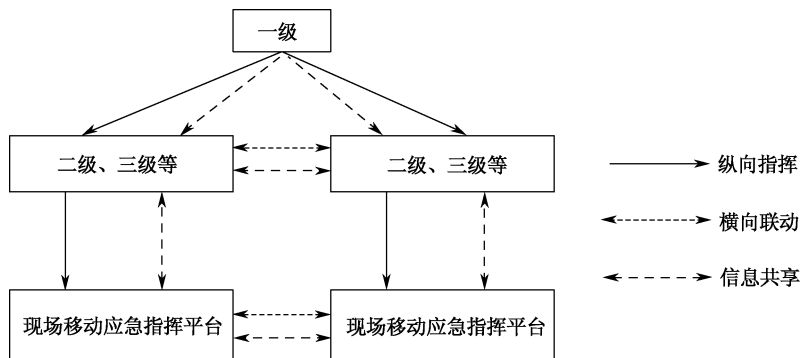


图 7-1 多级应急指挥平台体系

一级应急指挥平台是整个平台体系的国家级信息中枢，负责汇集其他等级平台上传的信息，享有全部信息和最高决策权，向下进行纵向的指挥调度，其指挥场所一般是有基础设施的固定物理场所，即固定应急指挥平台。

二级及以下应急指挥平台根据指挥等级负责本省 / 市或者本部门对突发事件信息的接报处理、跟踪反馈和应急处置等应急管理工作，接收上级的指令、向下级发送指令，不同部门同级之间依据应急预案可以横向联动，并能够为上级应急指挥平台提供所需的语音、数据、图像、视频等信息，其指挥场所一般是有基础设施的固定物理场所，即固定应急指挥平台。

根据现场环境以及移动应急处置的需求，现场移动应急指挥平台主要为机动应急指挥平台。现场机动应急指挥平台接受后方固定应急指挥平台的纵向指挥调度，相互之间

可以横向联动,并能够为后方固定应急指挥平台提供现场的语音、数据、图像、视频等信息。现场机动应急指挥平台的指挥场所可以是、大、中、小型车载、船载和机载等可移动的物理场所,目前大多数应用是采用车载方式。另外,在地理环境恶劣或者空间狭小的现场,机动应急指挥平台无法进入,只能由单兵携带应急系统进入,接受后方固定应急指挥平台的纵向指挥调度,相互之间可以横向联动,并能够为后方固定应急指挥平台提供现场的语音、数据、图像、视频等信息。

应急指挥平台建设具有国家或者行业特色,遵循监测预警与应急处置并重、“平时”与“战时”结合的原则,能够实现一体化的应急能力。平台及系统之间通过信息交互建立立体的指挥调度体系。突发事件现场临时部署一个或多个机动应急指挥平台和单兵应急系统,接受后方已部署的固定应急指挥平台的统一指挥。多级应急指挥平台建立的立体指挥调度体系如图 7-2 所示。

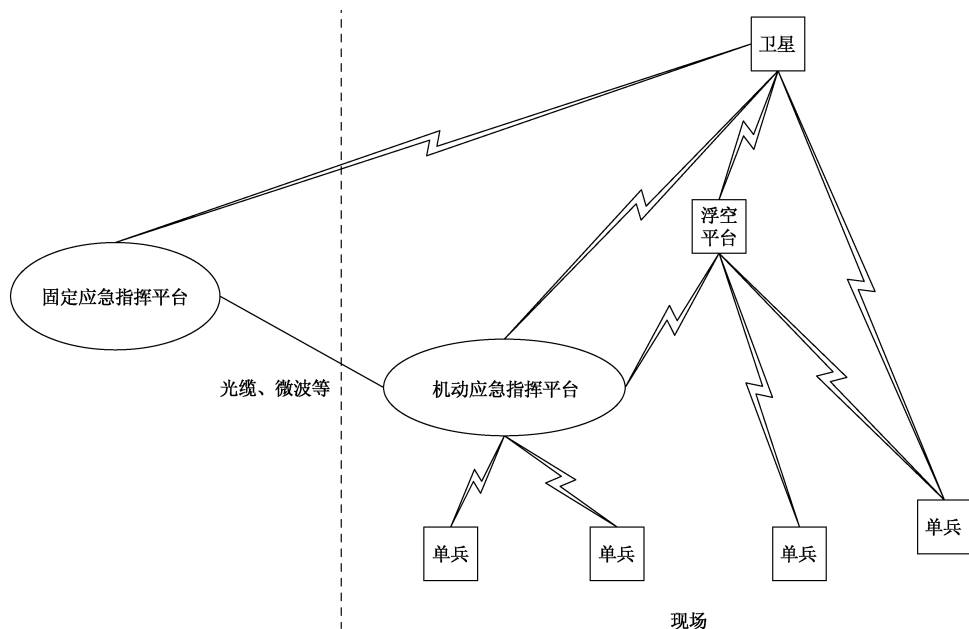


图 7-2 多级应急指挥平台建立的立体指挥调度体系^[1]

7.2 固定应急指挥平台

7.2.1 概述

固定应急指挥平台^[2]依托固定的物理场所,一般在一栋或者几栋办公大楼内,利用通信网络技术、计算机技术和多媒体技术,以基础支撑系统为基础,以应急通信系统、

决策支持系统、综合应用系统为手段,实现“平时”对突发事件的值班接报、预案管理、应急资源物资管理、灾害监测预警、培训演练等功能,以及“战时”对突发事件的决策支持、指挥调度、资源调配、应急联动、信息发布等功能。

固定应急指挥平台的总体目标是,面对突发事件,能够为指挥人员和参与指挥的接警员、专家、单兵等专业人员,提供各种通信和信息服务,提供决策依据和分析手段,以及指挥命令实施部署和监督方法,能及时、有效地调集各种资源,实施事态控制和应急处置工作,以最有效的控制手段和较小的资源投入,将损失控制在最小范围内。

目前,固定应急指挥平台没有统一的国际标准,一般都遵循统筹规划、分级实施、属地管理的原则。例如,美国的固定应急指挥平台分为联邦、州、市三级;中国的固定应急指挥平台分为国务院、省级和部门以及依托中心城市辐射覆盖到城乡基层的面向公众紧急信息接报平台。传统的固定应急指挥平台采用多台分设模式,如中国发生火灾打 119,发生治安和刑事案件打 110,发生交通事故打 122。这种模式存在很多实际问题,例如,公众容易混淆多个应急特服号码、不同应急处置部门独立建设的固定应急指挥平台往往难以互连互通、数据资源分散在各部门导致无法高效共享等。

城市应急联动平台是目前固定应急指挥平台普遍采用的模式,它将公安、交通、通信、急救、电力、水利、地震、防空、市政管理等政府部门纳入统一的综合指挥调度平台,能够提供多种报警和信息发布手段,如电话、短信、微博等,处理城市突发事件并向公众提供社会紧急救助服务,实现跨区域、跨部门、跨警种之间的统一指挥、快速反应、联合行动,为城市的公共安全提供有力的保障。从 2013 年 5 月 1 日起,“平安北京”微博报警纳入北京市公安局 110 指挥平台,现实社会与网络社会一体化指挥调度平台正式运行。

固定应急指挥平台主要具有以下特点:

- ① 可采用统一报警求助电话号码或者消息账户,进行统一接警、统一处置、联合行动,响应速度快,处置效率高。
- ② 平台不断采用新技术,新技术与部分旧技术互不替代,互补利用。
- ③ 从以通信为主,逐步向通信和信息结合的综合、智能指挥应用平台过渡。
- ④ 通常需要异地备份,以保障平台安全。

7.2.2 结构与布局

固定应急指挥平台的指挥场所一般分为指挥大厅、会议室和操作控制室(设备间与值班室)三个功能区域,实现系统设备安装和正常运行,满足指挥调度需要。

1. 指挥大厅

主要建设接处警席位、音响系统、液晶电视、大屏幕显示系统等,以及必要供电

系统、综合布线系统、照明系统、智能控制系统、消防系统、监控系统、空调系统等 24 小时运行保障支撑配套设施。固定应急指挥平台的指挥大厅布局示意图如图 7-3 所示。

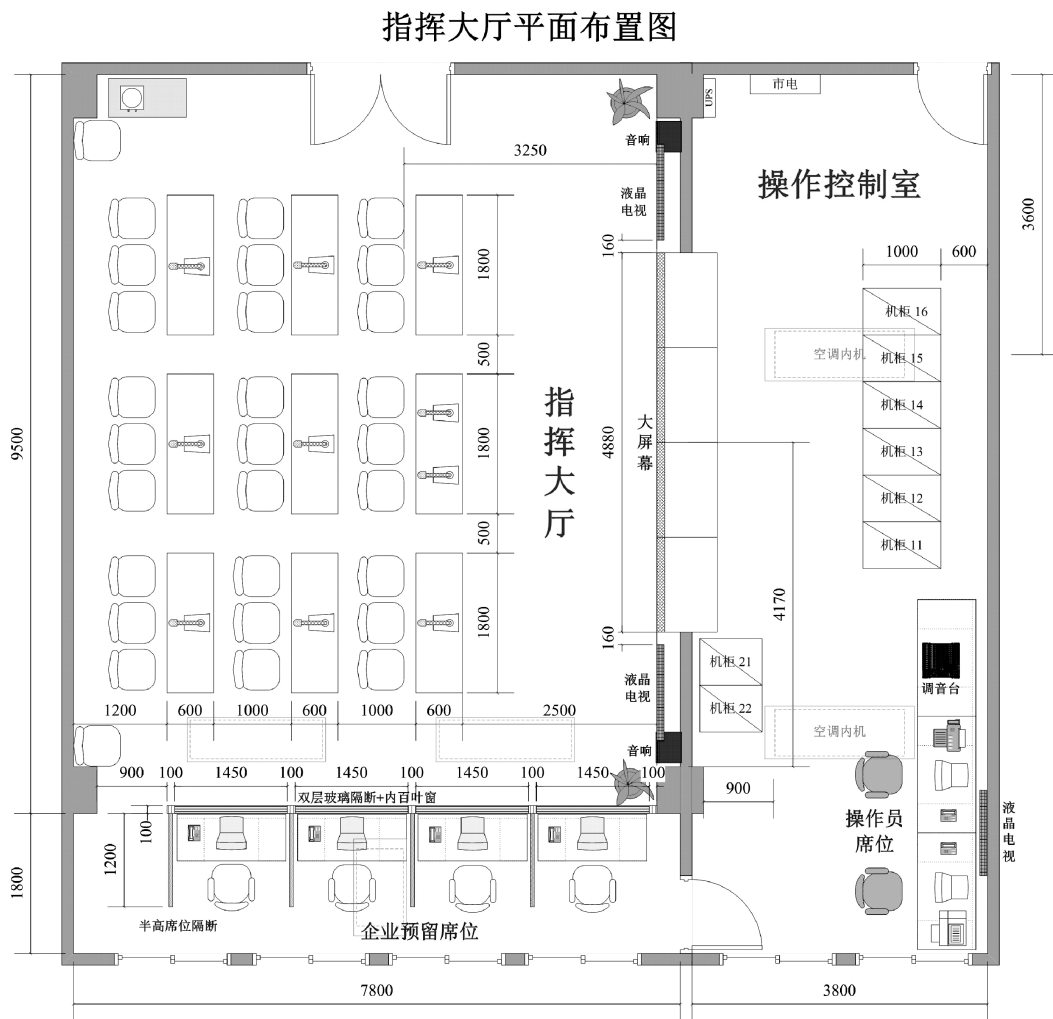


图 7-3 固定应急指挥平台的指挥大厅布局示意图

2. 操作控制室（设备间与值班室）

操作控制室主要包括机柜、空调、不间断电源（Uninterruptible Power System, UPS）等设备，并设置操作控制员席位。

3. 会议室

会议室主要包括会议桌、升降盒、投影机、音响、空调等设备。会议室主要用于显示现场各种情景，供应急指挥人员及专家与前方现场机动应急指挥平台或现场应急处置人员之间及时沟通现场情况，讨论应急处置方案，发出应急指挥调度指令等。会议室平面布置如图 7-4 所示。

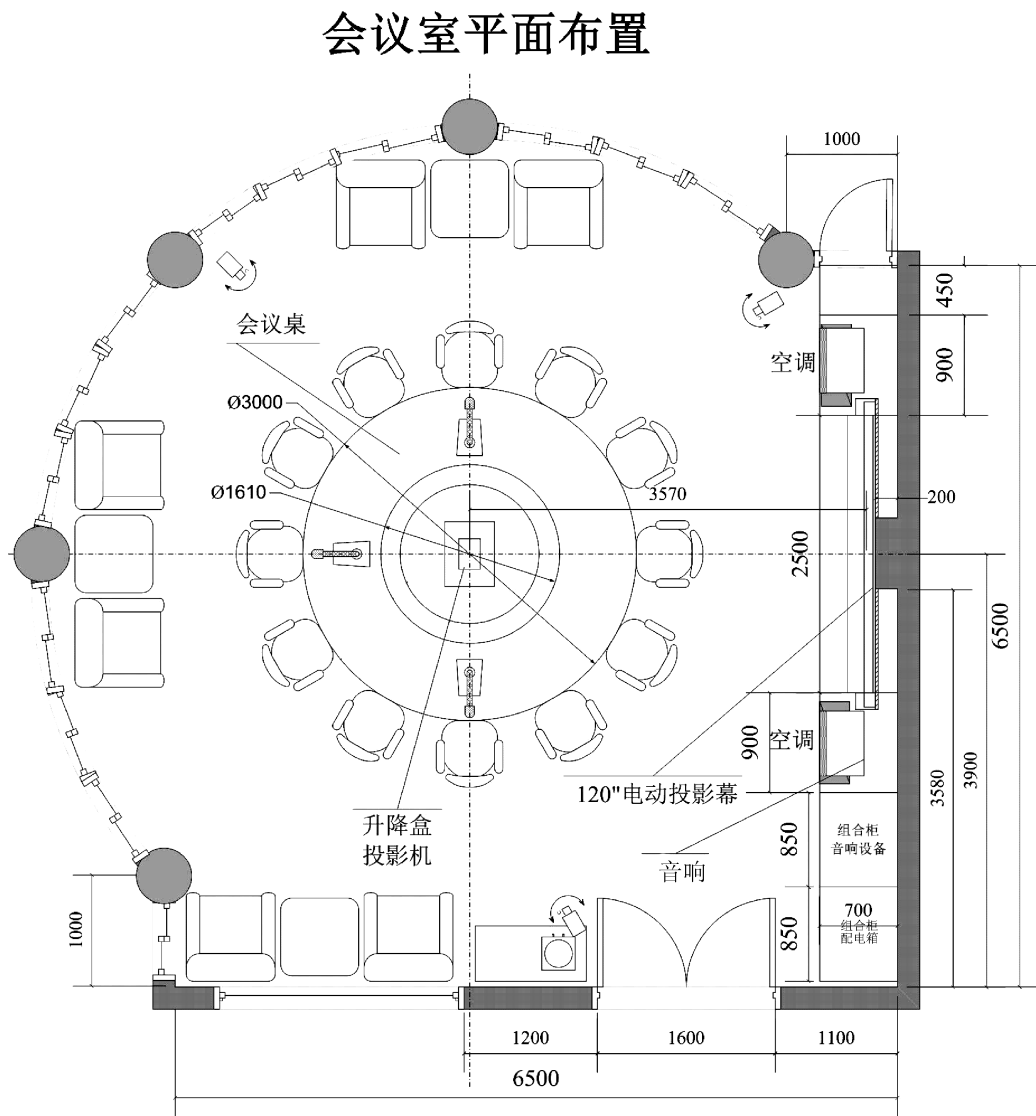


图 7-4 固定应急指挥平台的会议室布局示意图

7.2.3 功能系统

固定应急指挥平台主要构成包括指挥调度综合业务应用系统、计算机网络系统、调度通信系统、应急通信系统、显示系统、音响系统、视频会议系统和集中控制系统等。

1. 指挥调度综合业务应用系统

指挥调度综合业务应用系统是应急指挥调度业务应用的核心，是指令调度及辅助决策的软件支撑平台，是实现应急指挥调度业务信息化、规范化、流程化的重要手段。系统主要包括与应急指挥调度相关的应急业务管理和日常业务管理，以及其他各种辅助应用系统。指挥调度综合业务应用系统功能模块如图 7-5 所示。

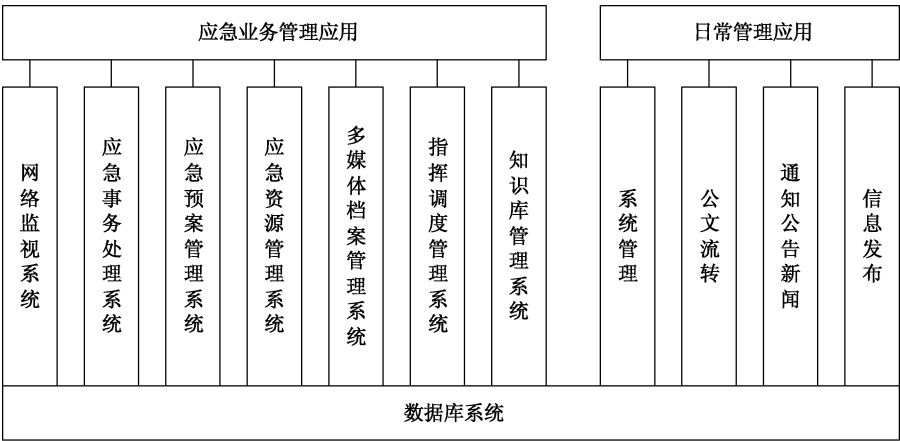


图 7-5 指挥调度综合业务应用系统功能模块

2. 计算机网络系统

计算机网络系统是固定应急指挥平台业务系统运行的基础，主要用于平台内各种系统设备互连的局域网、与外网其他部门之间互连的广域网，解决信息储存、交互、共享，以及信息处理和操作。计算机网络系统包括计算机网络系统设备与主机系统设备，主要用于承载业务应用系统，是业务系统进行数据通信与信息处理的基础设施。

固定应急指挥平台的计算机网络系统主要包括以下几部分：

- ① 固定应急指挥平台计算机局域网。
- ② 固定应急指挥平台局域网通过有线 / 无线、公众 / 专用等传输网络，将其他同级应急联动平台，以及下属的应急处置单位的信息终端连接到本网络，实现互连互通。
- ③ 通过有线 / 无线、公众 / 专用等通信方式连接到现场机动应急指挥平台的局域网，构建后方固定应急指挥平台局域网与现场机动应急指挥平台载局域网的互连。

④ 与上级或其他相关部门的网络连接，一般通过专线或内网连接。

3. 调度通信系统

调度通信系统主要用于构建调度通信网络，解决多种通信手段和方式的指挥调度通信，是实现指令下传上达的主要工具。调度通信系统主要由调度机、多路传真、短信收发等系统设备构成，是进行指挥调度的通信基础，应具备调度的基本功能，不仅要与现有公网、专网，以及前方现场通信网络互连互通，利用现有的通信设施进行指挥调度，还应具备多种通信手段和通信方式，达到快速、便捷、畅通的指挥调度效果。

4. 应急通信系统

应急通信系统是后方固定应急指挥平台与现场机动应急指挥平台、单兵应急系统之间进行数据、语音、图像和视频等信息互通的重要传输手段。

5. 显示系统

显示系统主要用于数据、图像、视频等信息的展现，便于指挥人员直观地监视各种事件状况。显示系统包括指挥大厅显示系统、会议室显示系统和操作控制室显示系统。

指挥大厅显示系统主要用于显示从下级或现场上传的网络监视信息和视频监控图像、视频会议的图像信息，以及应急指挥业务应用系统的各种数据信息、调度操作信息等。

会议室显示系统的用途与指挥大厅相同，采用投影机及大尺寸投影幕方式。

操作控制室显示系统主要用于监视指挥大厅、会议室的显示内容，便于操作控制人员在操作控制室内监视音 / 视频等信号的切换控制情况，能够直观地进行控制操作，实现指挥大厅、会议室与操作人员之间的沟通，及时接受指挥人员的指令。

6. 音响系统

音响系统主要用于在指挥大厅、会议室和操作控制等之间的声音沟通、扩音广播。在指挥大厅及会议室分别配置音响系统，两套音响系统通过调音台互连，实现指挥大厅、会议室和操作控制室三个区域之间的音频信号沟通，便于召开同一会议，也可单独操作控制，分别使用。

7. 视频会议系统

视频会议提供了直观的音 / 视频交互手段，是进行指挥调度和异地会商的主要工具。

8. 集中控制系统

集中控制系统主要用于对音 / 视频等系统设备的集中控制，可以预置各种应用场景

模式,实现一键式控制切换,便于操作人员快速操作。集中控制系统配置中控主机、无线触摸屏、时序电源等设备,实现对大屏显示单元、AV 矩阵、RGB 矩阵、摄像机 PTZ 等设备的控制。中控系统支持预编制各种控制模式,实现一键式快速切换控制。

9. 灾备系统

根据业务系统重要性,从成本角度、数据信息分类和基础设施结构进行划分,对存储和服务器资源充分有效利用,支持不同类型突发事件的异地灾备能力。根据灾备系统对突发事件的可抵御程度需求,将灾备系统分为数据容灾和应用容灾两类。

7.3 机动应急指挥平台

7.3.1 概述

机动应急指挥平台^[3]是快速反应的通信系统与信息系统有机集成的机动应急指挥平台,是后方固定应急指挥平台在事件现场的必要延伸、补充和备份。现场机动应急指挥平台以后方固定应急指挥平台为中心,是可移动的分指挥中心,负责现场内的通信与指挥调度,并与后方的固定应急指挥平台保持实时通信和信息交互。现场机动应急指挥平台之间互为节点,实现上下贯通、左右衔接、互连互通、信息共享、互有侧重、互为支撑、安全畅通。

机动应急指挥平台主要具有以下特点。

- ① 机动灵活、稳定可靠,适于多种恶劣环境下的现场指挥。
- ② 既可作为现场独立的通信枢纽,又可作为一个前端通信节点。
- ③ 组网快捷,通信手段多样。
- ④ 可配置气象信息采集系统,及时准确的发布现场气象预报。
- ⑤ 具备良好的扩展能力与兼容性,可根据不同事件改装与集成。

机动应急指挥平台通常由车辆、船舶、飞机等移动载体承载。根据现场处置的实际应用需求,应合理选择移动载体并选配相应的功能系统。本节以常见的应急指挥车为例,介绍改装车辆的结构与布局、功能系统及应用。

7.3.2 结构与布局

应急指挥车分为车内部区域(如驾驶室、操作区、会议区、设备区等)和车外部区域(如摄像机、天线等)。应急指挥车的示意图如图 7-6 所示。

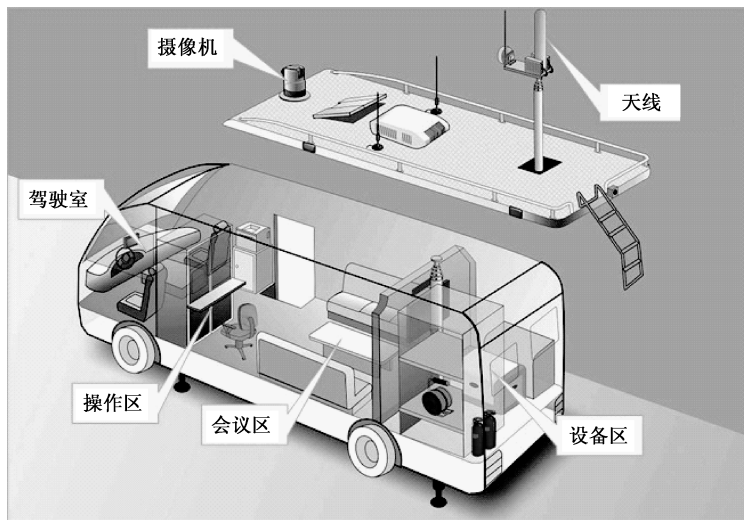


图 7-6 车载移动应急指挥平台示意图

应急指挥车的选择应根据实际使用情况选择合适的车型。通过对其进行改装，满足车辆性能、外观与重量、车厢密闭性和行驶能力等通用要求。根据系统要求和装车设备分布，对车辆的改装主要包括以下三个方面。

- 第一，为了装载系统设备，要在车内的驾驶室的后面安装机柜的区域进行设备安装、走线等部分的改装。
- 第二，为了设置星天线、基站、照明灯及吸盘天线等设备的安装点，要在车体外部进行必要的改装。
- 第三，为了满足系统供电的要求，要安装一台汽油发电机进行发电，提供设备用电；同时，可以根据需要配置专用车载蓄电池。

7.3.3 功能系统

应急指挥车主要构成包括现场应急指挥应用系统、现场应急通信系统、对外应急通信系统、配套设备、改装车辆等。

1. 现场应急指挥应用系统

现场应急指挥应用系统主要包括应急指挥调度综合业务应用系统、调度通信系统、视频监控系统、视频会议系统、定位系统等。

(1) 应急指挥调度综合业务应用系统

该系统实现与现场应急指挥调度相关的应急业务管理、智能决策支持等应用。

（2）调度通信系统

该系统使得应急指挥车既可以作为固定应急指挥平台在现场的终端系统，又可以在脱网情况下，实现本地多种通信手段的应急指挥调度。

（3）视频监控系统

该系统可获取车载平台内、外的可视信息。通常在车内、外安装分别安装摄像头，前者安置在车内，后者安置在车顶云台。通过车内的云台控制器可以调整车顶摄像头的拍摄方向和焦距，可实现全天候、全方位的现场监测。

车内可设置多块视频显示屏，供车内的应急处置人员同时使用。

（4）视频会议系统

该系统利用车载视频会议终端、显示屏幕等设备，实现远程及现场的视频会商。

（5）定位与导航系统

该系统利用卫星定位终端设备和预装电子地图，实现车辆自身定位、导航等功能。

2. 应急通信系统

（1）现场应急通信系统

该系统利用专用集群通信、宽带无线接入、公共移动通信等通信手段，实现现场各应急指挥车之间互连，在较大范围内形成多种方式的通信覆盖，如单车单中心、多车多中心和多车单中心等，组成现场联合指挥中心，由指挥人员对现场其他部门和相关人员进行统一指挥调度。另外，该系统可完成现场无线图传终端、无线传感终端等信息采集设备的信息实时上传。

（2）后方应急通信系统

该系统与后方固定应急指挥平台进行广域中继通信主要利用“静中通”卫星通信、“动中通”卫星通信、宽带数字集群、公众移动通信、微波和光纤通信等通信手段，实现现场机动应急指挥平台、单兵等与后方固定应急指挥平台的通信。

3. 互连互通系统

该系统利用集业务与应用转换、信令转换、协议转换等功能为一体的网关，实现现场不同终端、系统、业务与应用以及运营商的异构互连互通（互连互通原理详见第8章 应急通信指挥中的异构互连互通技术）。

4. 配套设备

配套设备利用供配电系统、空调设备、照明系统、避雷系统、生活保障系统等实现应急指挥车的正常运行和应急处置人员的基本生活保障。

7.4 单兵应急系统

7.4.1 概述

在空间狭小或因地理条件恶劣导致机动应急指挥平台无法进入的突发事件现场，单兵应急系统由救援人员携带，将现场的图像、视频等信息上传至现场的机动应急指挥平台和后方的固定应急指挥平台。

单兵应急系统具有以下主要特点：

- ① 系统设备体积小、便于携带，单兵可以第一时间进入机动应急指挥平台无法进入的事件现场。
- ② 系统设备需要具有“三防”能力，即防震、防尘、防水。
- ③ 通信手段多样，适用于室内外的多种应急指挥场景。
- ④ 既可以作为现场独立的通信组网节点，又可作为固定应急指挥平台和移动应急指挥平台的一个前端通信节点。

7.4.2 功能模块

单兵应急系统的主要构成为单兵便携设备组成，有手持式、背负式、便携箱等多种形态，其通用的组成模块主要包括数据采集模块、通信模块、定位导航模块、供电模块、显示模块等。

1. 采集模块

采集模块，如摄像头、传感器等，用于单兵获取现场的数据、语音、图像、视屏等信息。

2. 通信模块

通信模块，如小型的卫星通信模块、宽带无线接入模块、公共移动通信模块、无线自组网通信模块等，用于单兵进行现场的宽带无线接入、自组织通信等，实现现场情报及时准确传送，以及单兵间的协同应急处置。

3. 定位导航模块

GPS / 北斗定位导航模块，用于单兵的位置信息采集、目标跟踪等应用。

4. 供电模块

供电模块，如蓄电池、太阳能充电电池等，供单兵便携设备的正常使用。

5. 显示模块

显示模块用于数据、图像、视屏等信息的可视化,例如,采用小型、高分辨率平板显示器的头盔显示器。

7.4.3 新技术应用展望

未来信息化条件下的单兵应急系统,不再是传统意义上由单兵和通信装备组成的前端信息采集节点,将向大数据信息环境下拥有强大而独自处置能力的增强型单兵转型,实现信息及时、准确传递,确保协同处置顺畅。未来的增强型单兵应急系统,在新技术应用方面主要存在以下发展趋势。

1. 单兵体征监测与传送技术

利用微型传感器、生命体监测等新技术,在单兵防护服上安装微型传感器模块,监测人体的脉搏、血压、体温等重要体征参数,并以无线个域网(Wireless Personal Area Network, WPAN)模式传送,实现对现场每一个点的生命进行监控,根据第一时间掌握的单兵身体变化信息,对目标实施快速有效的抢救。

2. 单兵个人通信技术

单兵利用私有的个人授权口令建立和接收呼叫,能够在现场任意地点、任意时间以任何网络的入口点,仅利用终端能力和接入点的类别控制业务接入,跨越多种网络,如卫星通信、集群通信、PSTN、PLMN 等,接收上级指挥平台指令并实现个人所需的各种通信服务。

3. 单兵人体供电技术

人体的能量是可以再生使用的,运动时产生的热能、呼吸时和人体活动产生的能量都可以通过某种装置来转换成电能,为装备提供有效的能源。利用单兵人体为装备供应能量不会增加载重量,并可减少自身携带装备的负荷。

4. 单兵一体化计算系统

单兵一体化计算系统是单兵应急系统的控制中枢,实现对整个系统的管理、操作和使用。小型轻便、操作简便、安全保密、功能强大是单兵一体化计算系统的发展趋势,如穿戴式计算机系统。


云计算时代,计算对网络的依赖将大大加强,端口将趋于平等化。单兵只要部署在由监测、预警、指挥、控制系统生成的“云”里,就能够掌握相互的位置信息和面临态

势,并随时接收上级指挥平台的指令,使现场更加透明、纵向 / 横向的协同处置更加高效。

综上所述,未来的单兵应急系统将综合通信、计算、防护等应用,形成一个功能强大的人机系统,使之能够迅速、准确地处理、传递信息,并为上级指挥平台了解、掌握现场态势和准确判断现场形势提供可靠依据。

参 考 文 献

- [1] 陈琦. 应急通信保障指挥平台的研究与实践[J]. 电信快报, 2013 年, 第 1 期, 第 4~25 页.
- [2] 固定应急指挥中心解决方案. 电信科学技术第一研究所, 2011.
- [3] 移动应急指挥中心解决方案. 电信科学技术第一研究所, 2011.



第8章 应急通信指挥中的异构互连互通技术

本章要点

- 概述
- 应急通信网络的异构互连互通技术
- 应急通信指挥业务与终端的异构互连互通技术
- 公网的异构互连互通技术
- 应急协同指挥技术



本章导读

本章首先介绍应急通信网络在终端、系统、业务以及运营商四个方面的异构性特征，进而分别重点阐述异构网络、异构业务与终端、异构公网的互连互通技术原理及典型应用，最后介绍异构指挥系统间的应急协同指挥技术。

8.1 概 述

针对不同事件类型、影响程度等因素的突发事件，不同层级、不同部门的应急处置人员往往需要采用多种不同功能的通信网络和应急通信指挥工具，以满足应急处置过程中不同类型的业务需求。可见，异构性是应急通信指挥系统的重要特征，主要体现在终端、系统、业务以及运营商四个方面。

1. 终端异构性

为满足现场的信息采集、通信、指挥等需求，需要利用类型多样的终端，如语音终端、视频终端、探测终端、传感终端、定位终端等。同时，由于现场环境的差异，不同的业务与应用要求各类终端具有不同通信接口标准的工作制式和业务能力，包括多个无线通信接口、对不同网络的接入能力、体积、功耗、人机交互能力、计算能力、移动性等，体现出终端异构性特征。

2. 系统异构

系统异构主要指现场有线、无线通信网络之间的技术体制异构性，特别是无线接入网络因其灵活、易扩展等特性，在现场移动应急处置方面已成为有线接入网络不可缺少的延伸和替代。天空地一体化的现场应急无线接入网络主要包括星基、平流层通信中继以及陆基三部分，而每一部分又包括不同技术体制的网络系统。

现场应急通信网络在覆盖区域、技术参数（如带宽、延迟等）、频率资源、业务能力、通信与控制协议、接入方式、组网方式（蜂窝、自组织等）、归属运营商等方面存在一定差异性，体现出系统异构性特征。

3. 业务异构性

应急通信网络中存在多种不同的业务类型，包括语音、数据、图像、视频等业务，

这些业务具有不同的特征参数，并对网络与终端提出不同的服务质量要求，体现出业务异构性特征。

4. 运营商网络的异构性

运营商网络的异构性主要分为两种情况：网络的技术异构性和运营商的管理异构性。网络的技术异构性体现在不同运营商提供基于不同技术制式的网络服务，例如，中国移动、中国联通、中国电信的 3G 网络分别基于 TD-SCDMA、WCDMA 和 cdma2000 制式。运营商的管理异构性体现在相同制式的网络技术，由于分别属于不同的运营商，例如，中国移动的 GSM 网络和中国联通的 GSM 网络等，具有不同的网络管理策略，如认证与鉴权、接入控制、资源分配、计费等。

5. 指挥系统的异构性

近些年，我国各地区、各行业都在一定程度上都建设了各自的应急通信系统和指挥平台，但运行模式多、标准和规范各异，业务互通和信息共享程度低，在重大突发事件中，难以实现有效的协同指挥和应急联动。

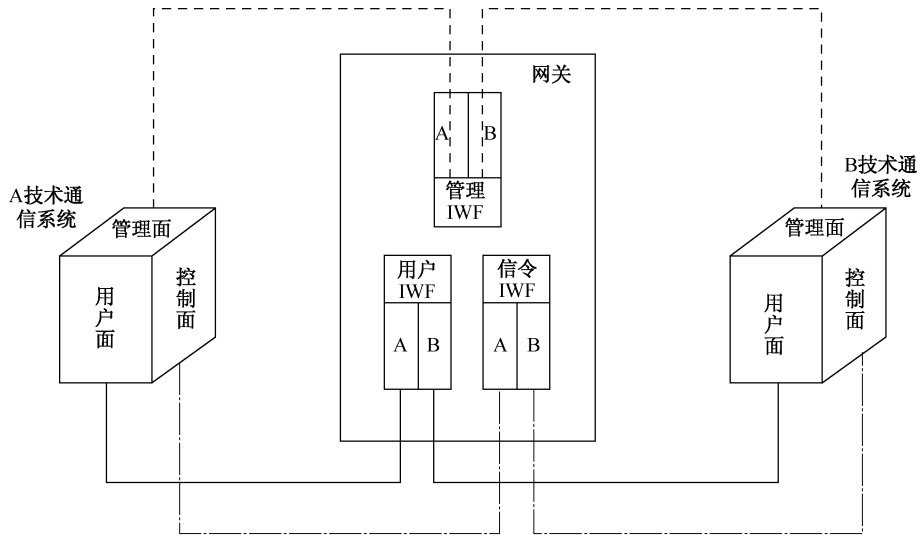
综上所述，为满足应对突发事件过程中不同用户的需求，应急通信网络中采用的通信网络技术体制多样，在异构网络之间存在互连互通难题，往往导致不同网络之间的业务和应用难以直接互通。另外，由于信息通信技术发展演进快，新旧技术并存使用，不同制式的通信终端在功能和性能上差异较大，同样存在互连互通难题。同时，跨地区、跨部门之间的指挥系统也存在异构互连互通难题与需求。从第 2 章“应急通信指挥系统的原理与参考模型”可知，互连互通能力主要涉及三个层面：接入层面、网络层面和业务应用层面。

可见，在应急处置过程中，需要在不同网络、不同业务、不同终端、不同指挥系统间等方面实现互连互通，便于提升应急通信指挥的时效性和协同性。

8.2 应急通信网络的异构互连互通技术

8.2.1 基本原理

从通信网络的协议参考模型角度，异构应急通信网络间的互连互通主要涉及三方面：用户面、控制面和管理面。异构应急通信网络间的互连互通原理图如图 8-1 所示。



注：图中IWF为互通功能

图 8-1 异构应急通信网络间的互连互通原理图

1. 用户面

用户面上的互连互通指不同用户间异构应用与异构业务（如语音、数据、视频等）的转换与互通。关于不同用户间异构应用的互连互通详见 8.5 节。数据业务通常采用 TCP/IP 协议，利用数据网关（数据网关的基本原理与典型应用详见 8.2.2 节）实现异构互通。语音和视频业务的互通则复杂得多，需要对语音、视频等业务的不同编码格式进行转换（不同类型业务的编解码标准与典型应用详见 8.3 节）。

2. 控制面

控制面上的互连互通指语音系统与视频会议系统之间不同信令协议的转换与互通，主要利用信令网关实现（信令网关的基本原理与典型应用详见本章 8.2.3 节）。

3. 管理面

管理面上的互连互通指不同网络管理协议间的转换与互通，主要利用与网络管理框架无关的网管接口以及基于 JAVA、Web 等技术实现的与平台无关的网络管理系统。与异构应急通信网络管理面间互连互通有关的具体实现细节，本章不再赘述。

8.2.2 数据网关

应急通信指挥系统一般由多个异构网络组成,例如,卫星通信网、短波通信网、集群通信网、公众移动通信网、互联网等,数据业务需要实现在异构应急通信网之间的互连互通。

从应急应用角度,数据业务主要包括以下几种类型。

(1) 环境监测类

主要用于监测现场环境中的地质、气象、有毒有害物质等监测数据,以及固定、移动的工作场所中电力、线路、设备的运行状态等监控数据。

(2) 生命和物体探测类

利用可穿透烟雾、水雾的远红外、微波、射线探测器,可穿透墙壁、地表的生命探测器,以及多种灾害环境下使用的自发光、微光可视仪等技术,探测生命信息和特定物体的相关信息。

(3) 目标定位类

主要用于采集人员、物理对象的位置信息。

(4) 遥感观测类

主要用于采集地面覆盖、大气、海洋和近地表状况等信息。

(5) 信息发布类

主要用于发布预测预报、监测预警、自救指导、事件进展通报、安抚等数据信息。

(6) 事件记录与上报类

主要用于记录和上报事件对象、事件位置、影响程度等信息。

(7) 指挥指令类

主要用于下达文本、短消息、传真等数据指令。

TCP/IP 协议是实现数据通信的主要协议。在异构应急通信网络中,数据业务主要利用 TCP/IP 协议实现互通,完成底层协议转换,部分情况下需要在应用层进行相应的呈现处理。上述工作在实际应用中主要由数据网关实现。异构应急数据通信间的互连互通原理图如图 8-2 所示。

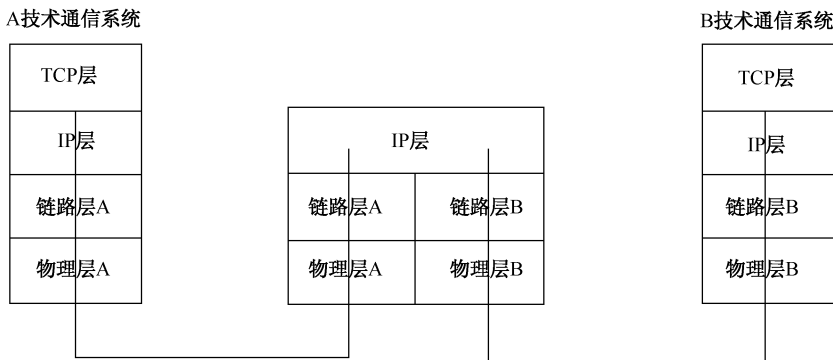


图 8-2 异构应急数据通信间的互连互通原理图

在图 8-2 中，数据网关部署于 A 系统与 B 系统边缘，同时包含 A、B 系统的数据通信协议栈，能够实现双系统对等层之间的协议解析、封装与适配处理，从而在 IP 层实现数据业务在不同系统间的互通。

图 8-3 为一个应急通信指挥系统数据业务传输方案，现场机动应急指挥车与后方的固定应急指挥平台间利用 3G 网络实现数据业务的全 IP 透传，支持 HTTP 服务、FTP 服务、E-mail 服务、C/S 构架的各种企业应用及 VoIP 等各种业务应用。

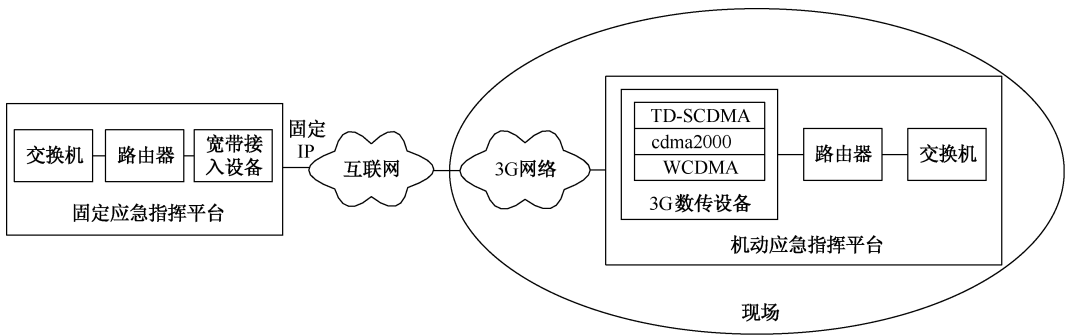


图 8-3 异构应急数据通信系统方案

车载 3G 数传设备作为 3G 传输网络与指挥车局域网之间的数据网关，包含 TD-SCDMA、cdma2000、WCDMA 等多个 3G 模块及有线数据通信模块，同时支持 3G 无线传输协议与局域网通信协议，为车载设备和外部网络提供了一个车地之间前后方通信的无线链路。通信保障现场数据经车载局域网的交换机传至车载 3G 数传设备的有线网口，并通过车载 3G 数传设备的 3G 模块经 3G 网络传输至位于互联网的后方指挥平台，实现车载信息上行传输；同时后台指挥平台的数据也通过互联网网络传输至车载 3G 数传设备的 3G 无线模块，进而将数据传递至车载局域网内，实现车载信息下行传输。

在以上应用中，除了现场机动应急指挥平台上需要配置 3G 数传设备，后方的固定

应急指挥平台也需要配置 3G 数传 VPN 设备, 对 IP 包重新封装后接入网络, 并实现与多个车载 3G 数传设备的通信与管理。

目前, IP 技术已成为数据通信的主流技术, 3GPP 已确定将 SIP 作为全 IP 网络的核心协议, 并制定了基于 SIP 的 IP 多媒体子系统体系标准^[1]。未来的通信网络以及移动终端都将支持 TCP/IP 协议, IP 分组交换技术已成为网络通信业务的基础。因此, 卫星、短波等通信网络都在积极探索与 IP 技术的结合。

但根据异构应急通信网络的不同技术体制, 数据网关可能需要在特殊的网络协议中做相应的优化, 以满足其对数据通信的服务质量 (Quality of Service, QoS) 要求。例如, 卫星通信网络是数据通信网络的重要形式, 但由于其固有的比特差错率高、传播延迟大、信道不对称等问题, 会严重降低数据通信的 TCP/IP 协议性能。因此, 对于卫星数据通信网络, 需要优化 TCP/IP 协议, 如采用扩展 TCP 协议、改进拥塞和慢启动机制、支持特大窗口、协议欺骗、本地应答等。同时, 要求数据网关在卫星通信网络一侧的 TCP 协议栈上实现上述的性能优化^[2]。

另外, 如果数据通信网络采用其他协议, 如 IPX/SPX、NETBEUI 等, 数据网关应具备相应的协议处理能力。

8.2.3 信令网关

与异构应急通信网络中数据业务的互连互通相比, 语音、视频 (如视频会议等) 等业务的异构互连互通需要首先在控制面实现信令的互连互通, 包括业务信道的建立、控制、维护、接续等。信令转换在实际网络中由信令网关实现。

例如, 在 IMS 系统中, IMS 系统架构如图 8-4 所示, 信令网关 (Signaling Gateway, SG) 用于实现七号信令网与 IP 网之间的信令互通, 其协议包含两部分: 七号信令侧协议与 IP 网络侧协议。随着网络融合趋势的发展, 信令网关不再限于七号信令的转换, 现已泛指为各种通信网间控制信令的转换单元。图 8-5 为 IMS 系统中信令网关协议模型。

以语音业务为例, 信令网关在进行信令协议转换处理过程中, 关键因素包括以下方面。

(1) 标识

参与通信者双方以号码作为标识, 可通过双音多频信号呼叫。

(2) 信令

基本以 PSTN 信令协议为基础, 抽象成呼叫请求 (媒体通道协商)、请求确认、应答 (媒体通道维护)、呼叫结束 (媒体通道释放) 几个阶段, 根据接入设备要求, 可能包含二次拨号阶段。信令网关需要支持 PSTN 网的双音多频信号的识别和生成。

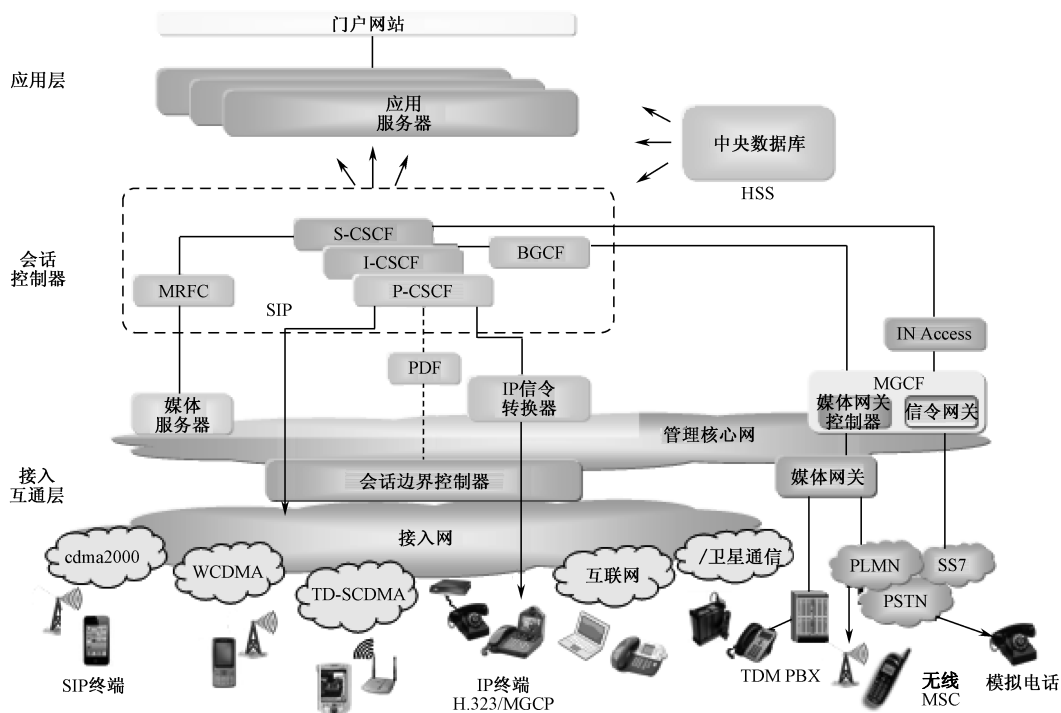


图 8-4 IMS 系统架构

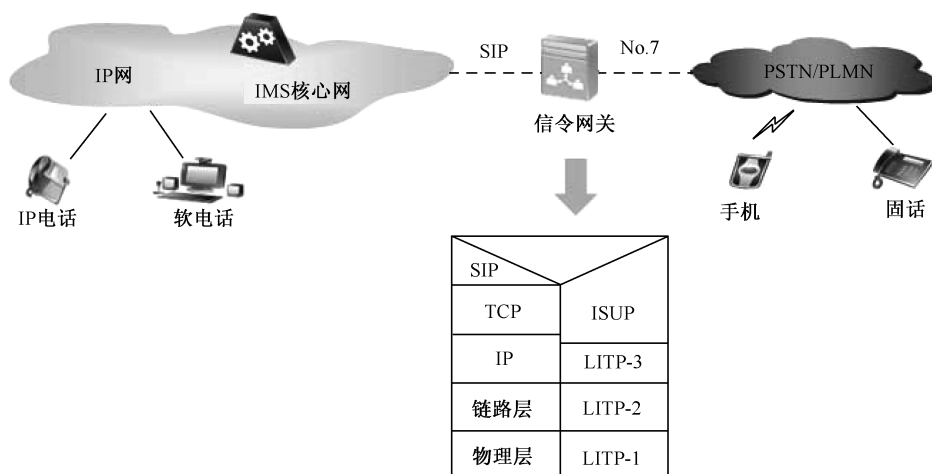


图 8-5 IMS 系统中信令网关协议模型

(3) 处理

信令网关从不同网络接收到呼叫请求消息，协商确定媒体通道，并提取出被叫号码（可能涉及重叠收号），根据预先定义的路由策略定位被叫方的网络类型，组建新的呼叫请求消息并通过相应接口送出。接收到被叫的请求确认消息后，连通媒体通道。接收到被叫的应答消息后，根据主叫网络类型重新封装应答信令并发送到主叫方。

呼叫建立后信令网关还需要维护媒体通道，根据通信双方的业务变化调整媒体通道参数。呼叫结束后信令网关负责释放两侧网络的媒体通道。

图 8-6 反映了基于 SIP 协议的 IMS 系统与 PSTN 网络之间的呼叫接续过程，信令网关要求实现 SIP 协议与 ISUP 信令控制协议的中继转换。

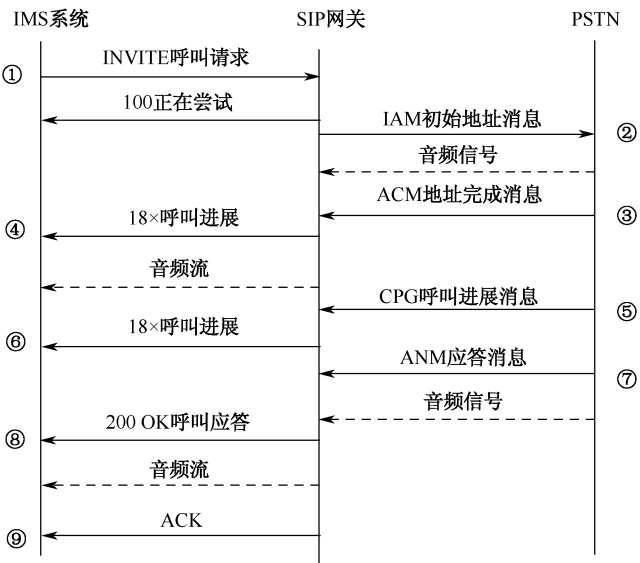


图 8-6 典型的信令网关协议转换流程

- ① IMS 系统内主叫方发起 SIP 呼叫请求，携带呼叫号码。
- ② 信令网关收到 SIP 呼叫请求，提取被叫号码，根据预先定义的路由策略定位被叫方的网络类型，选择相应协议，组建 ISUP 初始呼叫请求，向 PSTN 接入交换机发前向建立消息 IAM。
- ③ PSTN 交换机根据被叫方状态及链路资源情况，送出接续信号音或媒体流，发后向建立消息 ACM。
- ④ 信令网关收到 ACM 消息后，向主叫方发送 18X 呼叫进展指示消息，完成媒体编码格式协商，建立媒体传输通道。
- ⑤ PSTN 交换机向信令网关发送 CPG 消息，指示呼叫已被转发。

- ⑥ 信令网关将收到的 ISUP CPG 消息映射为 SIP 18X 消息，发向主叫方，提示呼叫进展。
- ⑦ 被叫方接受呼叫请求，PSTN 交换机发出 ANM 应答消息。
- ⑧ 信令网关收到 ANM 消息，向主叫方发送 200 OK 消息，指示呼叫建立。
- ⑨ 主叫方回复 ACK 消息表示应答确认。

至此主、被叫系统间已建立起完整的呼叫接续和媒体信道，双方可基于已协商好的媒体参数进行业务数据交换。

需要注意的是，信令网关仅负责信道的建立、控制、维护、接续等，不同媒体编码格式的转换及媒体质量控制由业务网关实现。信令网关与业务网关属于逻辑实体，根据具体应用情况，可集中或分布在一个或多个物理网关设备中。

8.3 应急通信指挥业务与终端的异构互连互通技术

异构应急通信网络中业务类型和应用方式多样，包括手机、对讲机等语音设备，视频会议终端设备，专用数据终端设备等。异构应急通信网络中需要实现不同编码格式的语音、视频、流媒体等业务的实时转换与适配，并根据不同网络特性，针对业务 QoS 要求优化和控制业务质量，这些工作通过业务网关来实现。

根据业务类型不同，通信网络中常见的编解码标准分为音频编码、视频编码、流媒体编码三大类。

1. 音频编解码标准

音频信号的编解码标准包括 ITU 制定的 G.7XX 系列，GSM 及 3GPP 移动通信组织制定的 GSM、AMR 系列，ISO/IEC 制定的 MPEG-X 系列等，具体如表 8-1 所示。

表 8-1 音频信号编解码标准列表

名 称	码率 / kbps	算 法	制定组织	应 用 领 域	质量 (MOS)
G.711	64	语音频率脉冲编码调制 (PCM)	ITU	PSTN ISDN VoIP	4.45
G.721	32	自适应差分脉冲编码调制	ITU	PSTN ISDN	4.1
G.722	64/54/48	基于子带自适应差分脉冲编码	ITU	多媒体通信 视频会议	4.5
G.722.1	24/32	带有低帧损耗的音频编码	ITU	电视会议 电话会议 互联网流应用	—

续表

名 称	码率 / kbps	算 法	制定组织	应 用 领 域	质量 (MOS)
G.722.2	6.6~23.85	自适应多频率宽带多频率语音编码	ITU	移动通信 VoIP	—
G.723.1	5.3/6.3	代数码激励线性预测算法 / 多脉冲最大似然量化技术	ITU	移动通信 VoIP	3.5/3.98
G.726	16/24/32/40	自适应差分脉冲编码调制	ITU	PSTN VoIP	4.1
G.728	16	低延迟代数码线性预测, 以 16 kbps 进行语音编码	ITU	ISDN VoIP 移动通信 卫星通信	4.1
G.729	8	共扼结构代数码激励编码线性预测	ITU	VoIP 移动通信 会议电视	3.88
iLBC	13.3	基于 CELP (Code Excited Linear Predictive Coding) 的低比特率语音编码算法	IETF	IP 电话	3.98
SPEEX	8/16/32	基于码激励线性预测算法	自由软件	VoIP	—
GSM	13.2	长时预测规则码激励算法	GSM	移动通信 IP 电话	3.78
AMR	12	基于码激励的线性预测算法	3GPP	移动通信	—
MPEG-1	32~448	多子带感知编码	ISO/IEC	VCD CD-ROM ISDN 数字音频广播	—
MPEG-2	8~640		ISO/IEC	VCD CD-ROM 数字音频广播 数字电视	—
MPEG-4	—		ISO/IEC	交互式多媒体应用	—

2. 视频编解码标准

视频编解码协议主要包括 ISO/IEC 制定的 MPEG 系列、ITU 制定的 H26X 系列以及中国制定的音 / 视频编解码标准 (AVS)。MPEG 系列标准主要应用于视频存储 (DVD)、广播电视、互联网或无线网上的流媒体等, H.26X 系列标准主要应用于实时视频通信领域, 如会议电视等。AVS 是中国具有自主知识产权的第二代信源编码标准, 用于数字音频、视频海量数据的编码压缩, 是实现数字音、视频信息传输、存储、播放等环节的前提。视频编解码标准列表如表 8-2 所示。

表 8-2 视频编解码标准列表

名 称	说 明	制 定 组 织	应用领域
H.261	$P \times 64$ kbps ($p=1 \sim 30$) 视听业务的视频编/解码器	ITU	会议电视 可视电话
H.263	低于 64 kbps 的甚低码率视频压缩编码标准	ITU	视频电话
H.263+		ITU	
H.263++		ITU	

续表

名 称	说 明	制 定 组 织	应用领域
MPEG-1	多子带感知编码	IEC	VCD CD-ROM ISDN 数字音频广播
H.262/MPEG-2		ITU/IEC	VCD CD-ROM 数字音频广播 数字电视
MPEG-4		IEC	交互式视频 远程监控 多媒体应用
H.264/MPEG-4 Part10		ITU/IEC	多媒体消息 视频业务 流媒体业务
AVS	数字音频 / 视频产业的共性基础标准	中国	高清立体电视、数字音频

3. 流媒体格式

常用流媒体编 / 解码格式如表 8-3 所示。

表 8-3 常用流媒体编 / 解码格式

名 称	说 明	制 定 组 织	应用领域
RM	RealMedia 的视频流格式	RealMedia	网络视频
ASF	Winodws Media 流媒体格式	微软	网络视频
WMV	体积非常小，适合在网上播放和传输	微软	网络视频
3GP	3G 流媒体的视频编码格式，MP4 格式的一种简化版本	3GPP	移动通信

根据终端的类型、业务能力不同，业务网关常常需要支持多种编码格式转换与自动适配功能，并实现相应的业务质量增强方法。一般采用通用 CPU 或专用 DSP 实现多路编 / 解码算法。例如，在 VoIP 系统中，影响语音质量的因素如下所述。

① 编码算法。

编码算法所采用的编码技术、采样率、频响范围、采样精度对语音质量产生关键影响。

② 语音活动性检测（Voice Activity Detector，VAD）。

针对语音通信特点，对语音进行活动性检测和静音压缩，可节约一半带宽。语音活动性检测精度及准确度对语音质量存在影响，可能导致较弱的有效信号丢失；在静音与非静音期转换时，可能产生不连贯感觉。

③ 回声。

在 VoIP 系统中，存在声学回声与电学回声，并且由于延迟较大，回声消除较为困难。

④ 延迟。

语音编 / 解码延迟加上传输延迟, 使 VoIP 系统的延迟往往大于普通电话系统延迟。超过 400 ms 的延迟不可接受。

⑤ 延迟抖动。

由于 VoIP 语音分组数据的传输路径不同, 使分组传输延迟不同, 产生延迟抖动。当延迟抖动超过一个语音包时长时, 语音质量会明显下降, 接收端回放语音可能变得不连续。

⑥ 丢包。

当丢包率大于 20% 时, 将明显影响语音质量。

图 8-7 展示了典型的 VoIP 语音编 / 解码实现原理, 主要包含以下功能。

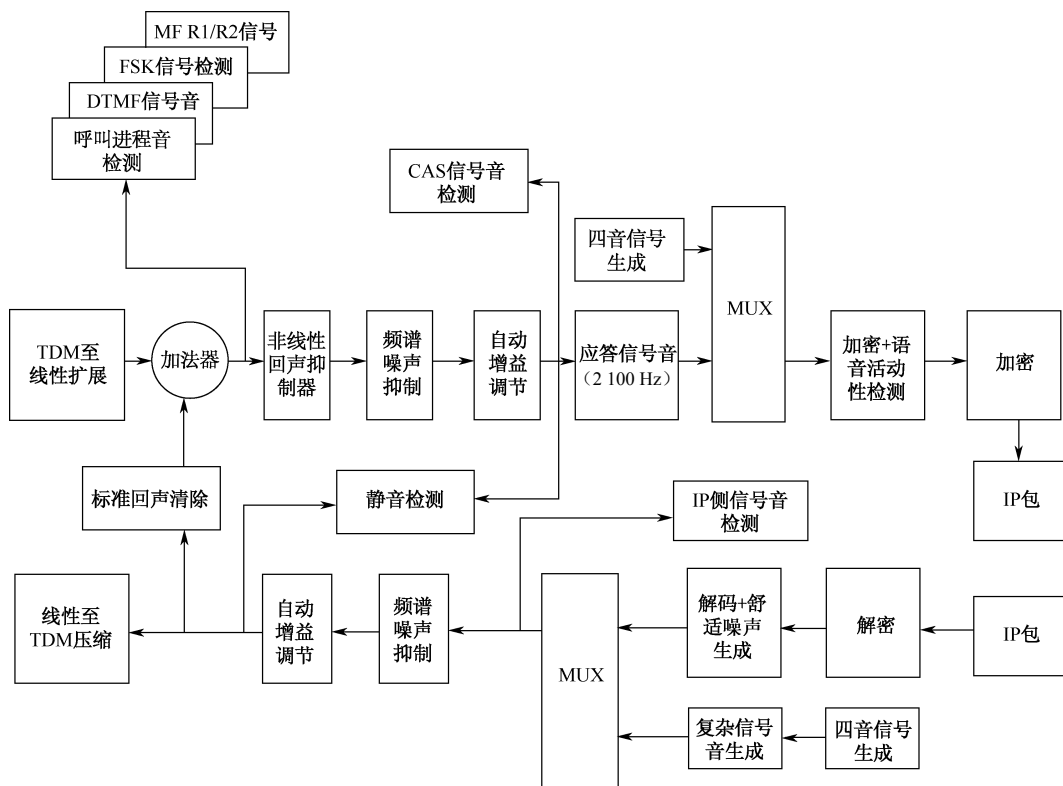


图 8-7 VoIP 语音编 / 解码实现原理

① 语音编 / 解码。

从 PCM 到 IP 方向, 对从线路上收到 PCM 语音流按照 G.7XX 标准进行编码, 生成适合在分组网络传输的 G.7XX 数据包; 从 IP 到 PCM 方向, 将收到的 G.7XX 数据包进行解码处理, 生成标准的 PCM 语音流, 送到 CODEC 进一步处理。

② 语音活动性检测和舒适噪声生成。

发送端通过对活动语音的检测与静音压缩，同时在接收端恢复生成背景噪声，在尽可能节省对带宽占用的同时减小对语音质量的影响。

③ 回声消除。

在 VoIP 通信系统中，回声源较为复杂，回声路径延迟较大，容易引入回声，需有效去除系统中的电学回声与声学回声，以改善语音质量。

④ 抖动缓存器（Jitter Buffer）。

在接收端增加缓存器，以延迟为代价去除网络抖动，一般采用动态 Jitter Buffer。

⑤ DTMF 检测及产生。

在通信系统间互通时，有时需要二次拨号进行呼叫接续，某些业务也要求在语音中传送 DTMF 号码，要求业务网关支持 DTMF 号码的接收、检测及生成。

⑥ 信号音检测及生成。

有效识别 V.21 等传真信号音、PSTN 呼叫进程信号音，能够实现语音态与传真态的切换，并向终端发送呼叫进程信号音。

⑦ 来电显示信号检测及生成。

应能够有效检测和指示 PSTN 终端交换机发出的来电显示信号，并能够将生成的来电显示信号发给 POTS 终端。

⑧ 自动增益控制。

调节信号放大增益，使之自动随信号强度而进行调整。

应急指挥系统所处环境的多变性，要求系统应能有效应对恶劣的网络条件。例如，在视频信号传输过程中，如网络条件发生变化，则应能自动适应此种情况，例如，自动降低或提升帧率，或自动调整分辨率和 I/P/B 帧策略，以适应新的带宽。这种自适用的过程可以在特定的条件下提供更高的可用性。

支持基于内容、质量、分辨率、帧率等的可伸缩视频编码技术，可以适应应急通信网络中通信链路不同、通信终端不同、带宽波动、服务质量多样等特性需求，能够通过实时监测音 / 视频通信过程中的通信网络状况，分析媒体数据传输质量，动态调整传输速率、帧率、编码格式和分辨率等参数，以获得在当前网络状况下的最佳音 / 视频效果。可伸缩视频编码技术应能支持 WiFi、3G/4G 无线网络，支撑视频会话、移动视频监控、视频推送、视频会议等各种应用业务对视频处理的需求。

图 8-8 是一个典型的应急通信指挥调度系统的应用场景，要求实现应急现场局域网与数字 / 模拟集群网、IP 电话网、模拟电话网、公众移动通信网、互联网之间的互通，并通过互联网或专网与总部指挥调度中心进行互连互通。根据接口类型不同，互连互通网关可以分为数字集群网关、模拟集群网关、VoIP 网关、GSM/CDMA/3G 网关等。每种接口的网关又包含用户面、控制面与管理面的中继功能。在工程实现中，可以根据业

务部署要求及接口关联程度进行组合,将数据网关、信令网关、业务网关等逻辑实体集成在一个或多个物理设备中,实现综合网关的功能。

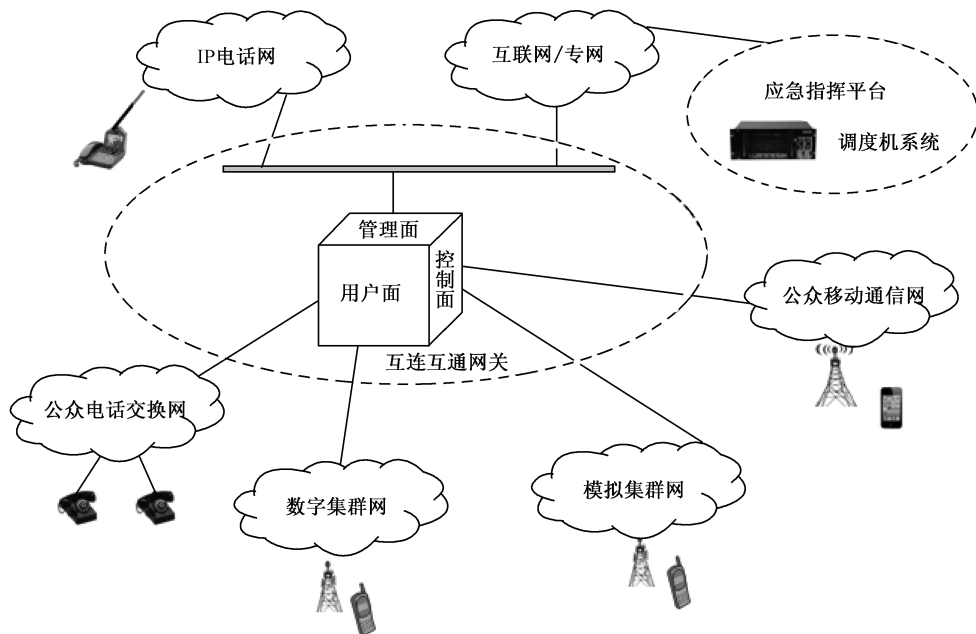


图 8-8 应急通信指挥系统中的互连互通网关

8.4 公网的异构互连互通技术

具有异构性的公网在公众应用时,网络的异构互连互通、业务与终端的异构互连互通已基本解决。如我国的中国移动采用 TD-SCDMA 3G 技术,中国联通采用 cdma2000 3G 技术,中国电信采用 WCDMA 3G 技术,三者的公众用户采用不同技术 3G 手机已实现相互通信,且能够与 PSTN 网的固定电话通信。

另外,目前已商用的手机大部分都已支持多模、多卡或多待,即同一手机可支持多种通信制式(包括 2G 的 CDMA 和 GSM,3G 的 TD-SCDMA、WCDMA 和 cdma2000 等)、支持多个 SIM 卡扩展插槽、同时可以处于多种通信模式。用户使用多模、多卡或多待手机,可以利用多个号码,在多个运营商的网络间切换或者同时接入多个网络。可见,通过提高手机的集成度和复杂性(即终端的多模多频)而不是通过运营商网络,在某种程度上也能够实现公网的异构互连互通。

由于商业竞争等因素,同样的 GSM 技术的手机用户签约注册在运营商甲,在突发

事件发生情况下,当运营商甲的网络出现损坏不能提供服务时,却不能接入运营同样 GSM 技术的运营商乙(假定此时运营商乙的网络正常)。采用号码携带(Number Portability, NP)技术能够解决在突发事情下的公网异构应急通信问题。

号码携带技术^[3]是指用户在不变更其号码的前提下,变更其原签约的电信运营商、签约业务或地理位置,仍能接入电信网络实现通信。号码携带技术主要包括三个方面:更改地理位置后号码不变、更改业务后号码不变以及更改运营商后号码不变。利用公网的号码携带技术,在不改变用户号码的前提下,能够适应不同程度的通信网络损毁情况,用户实现跨不同运营商、跨地理位置、跨业务类型的通信接入,快速恢复用户的部分或者全部通信。但实际中,由于不同的通信网受损情况,所能达到的效果也会不同。目前,号码携带技术是成熟的,但在我国主要受电信管理政策制约,另外需要解决运营商的计费与结算问题。

在美国卡特里那飓风期间,美国临时放宽受飓风影响的路易斯安那州、密西西比州、阿拉巴马州的号码政策,允许 3 个州之间的号码跨计费区以及跨本地访问和传输区域(Local Access Transport Area, LATA)携带,跨 LATA 共携带大约 2 000 个电话号码。在中国汶川地震期间,由于没有实施号码携带,中国移动和中国联通的同样制式的 GSM 2G 用户无法实现跨网接入。

8.5 应急协同指挥技术

应急指挥的异构性主要体现在指挥系统异构和指挥指令异构两个方面。指挥系统异构由各应急处置部门独立建成的指挥系统引起,因采用不同的技术体制、标准规范、组织设置、运行机制等因素导致异构指挥系统往往无法互连互通。指挥指令的要素一般包括指挥对象的任务、时间、方式、手段等,其异构主要是指令术语、标识、信息等不同,主要由突发事件类型不同和突发事件不同发展阶段两方面因素造成。一方面,不同性质、样式的应急指挥指令,如决策、行动计划、命令和指示等,主要由于应急指挥针对的突发事件类型上存在较大差异,如地震抢险救灾的应急指挥指令与反恐维稳的应急指挥指令,而产生不同的、特有的指挥指令术语、信息等内容;另一方面,在突发事件不同发展阶段,相应的应急指挥指令也不尽相同,如在反恐维稳过程中指挥人员先后下达的谈判、击毙等指令。

为解决应急指挥的异构互连互通问题,应急协同指挥技术将多个不同层级、地理位置分散的救援力量和独立的行动变成整体的力量和协调有序的行动,以达成多层次、多方式的整体合力。应急协同指挥主要涉及两个层面:纵向和横向。纵向协同,指从上级应急处置部门、下级应急处置部门、现场应急指挥平台及单兵等应急处置力量实现自上而下贯通。横向协同,指从各专业应急处置部门、行业及人员,实现跨部门、跨行业、

跨警种及军队之间的联动响应、联合行动、统一指挥。我国各城市已建立或正在建设城市的应急联动系统正在努力解决横向联动的问题。不论横向与纵向协同，都需要制定相应的应急指挥系统的标准互通、事先授予机制与协同规范。

应急协同指挥技术建立在应急通信已实现互连互通的基础上，如综合指挥调度系统和综合通信系统于一体的应急指挥通信平台，进而通过建立事件信息综合研判、事件跟踪、实时分析、动态监测、智能预警的应急专家决策辅助系统以及全方位现场信息采集、精确定位等不同功能的应用系统，实现多种指挥系统的互连互通。

从技术角度来看，应急协同指挥一方面提高了应急指挥人员的“正协同”决策水平，减少“负协同”的危害，实现了各相关应急处置部门之间、本部门内部的高效、灵活协同以及资源与信息共享，增强了连通性和无缝度；另一方面，提高了政府应急处置部门与 NGO 之间的协同、资源与信息共享以及多个 NGO 之间自成组织的协同指挥。

除此之外，不同应急处置部门之间由于业务流程与管理制度不同，需要从应急管理制度与流程再造角度解决跨部门之间的应急协同指挥问题。

参 考 文 献

- [1] RFC3398, Integrated Services Digital Network (ISDN) User Part (ISUP) to Session Initiation Protocol (SIP) Mapping[S].
- [2] 梁金山. 卫星 IP 通信网设计技术[J]. 无线电通信技术, 2010 年, 第 6 期, 第 10~13 页.
- [3] 张雪丽, 王睿, 董晓鲁, 汤立波. 应急通信新技术与系统应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.

第9章 应急通信指挥的需求、挑战 与发展展望

本章要点

- 应急通信指挥的需求与发展趋势
- 应急通信指挥面临的挑战
- 应急通信指挥系统的发展展望



本章导读

本章首先分析应急通信指挥的需求与发展趋势,进而指出当前应急通信指挥面临的挑战,最后展望未来应急通信指挥系统的发展重点。

9.1 应急通信指挥的需求与发展趋势

随着经济、社会和信息技术的发展,一方面,社会各界对突发事件应急响应和管理水平提出了更高的要求,通信指挥系统在应急处置中发挥着越来越重要的作用;另一方面,宽带无线移动通信、卫星移动通信、移动互联网、物联网、云计算等新技术和新应用,正在对应急通信指挥系统的发展产生新的影响。目前,应急通信指挥系统呈现出以下发展趋势。

1. 应急通信网络与业务的宽带化趋势

为快速、有效地掌握现场的复杂情况,传统的以语音为主的指挥调度系统不能满足应急管理的需求。为了全面掌握现场发展态势,应急通信系统需要支持可视化和多媒体信息化的智能指挥。

为了提高应急处置的及时性和准确性,降低突发事件影响和损失,必须加强对突发事件的预测预警。未来将在现场进行多种不同类型数据的采集和分析,如遥感遥测、视频图像、生命探测、目标定位等信息,应急通信指挥系统需要支持宽带数据传输能力和海量数据处理能力。

为了提高对重大突发事件的应急管理能力,未来将更加强调跨部门和多级应急处置部门间的纵向/横向协同联动。多级应急指挥平台间的纵向信息交互和跨部门的横向信息交互量较以往将明显增加,应急通信网络需要支持多平台间的大量信息的实时交互。

近年来,传统的应急通信手段如卫星通信、集群通信呈现了明显的宽带多媒体化发展趋势,3G/4G等宽带移动通信技术在应急通信指挥中的应用不断增加。在网络技术体制上,更加趋于扁平化和IP化来满足多媒体通信与指挥的需求,应急通信网络和业务呈现出宽带化发展趋势。

2. 应急指挥系统与平台的机动化趋势

由于固定应急指挥平台的机动性限制,移动应急指挥平台通常作为后方固定应急指挥平台在现场的机动延伸,一方面延伸指挥调度功能,另一方面延伸信息存储与处理功能。

近年来,在国内发生的一些重大突发事件中,为了提高应急反应和决策的及时性,各级政府领导均在第一时间赶到现场指挥,应急指挥呈现了向现场前移的明显趋势,现场的移动应急指挥平台和领导伴随指挥保障系统的快速部署受到高度重视。在复杂特殊环境下,在车、飞机等承载平台无法抵达的现场,需要快速部署面向单兵小组的便携机动的通信手段,满足小范围通信指挥的需求,应急指挥平台呈现了明显的机动化趋势。

3. 现场通信接入与信息采集的多平台、多样化、泛在化趋势

为了提升应急通信指挥系统对多种环境的适应性,特别是对复杂恶劣环境的适应能力,现场通信接入和信息采集的承载平台呈现了多样化发展趋势。除了传统的卫星通信和地面车载通信平台外,在重大突发事件处置中,气球、飞艇等空中平台、机载平台在应急处置中的应用不断增加,天、空、地一体化的现场应急通信指挥模式正在逐步成熟。

现场无处不在的通信接入和信息采集是提升现场应急指挥能力的重要保障。为了在现场提供全时段、全方位的信息采集、通信连接等服务能力,应急通信涉及的对象由人延伸到物体,融合了人与人、人与物、物与物的现实物理空间与抽象信息空间。应急通信指挥呈现出多种技术手段、多种通信网络、多种应用形态之间的异构融合、协同互补和智能操作的发展趋势,满足在突发事件发生的任意时间、任意地点为任意应急对象提供服务的泛在化需求。

特别是移动互联网业务与应用,如2013年中国“4.20”雅安地震期间,微博、微信等即时通信工具和社交媒体在公众通信(如报平安、求助、寻人、互救、自救指导等)以及指挥通信(如政府部门建立应急指挥微信群)方面扮演了重要角色。基于移动互连的社交网络拓展了传统只是由现场应急处置人员提供信息的单一渠道,现场信息提供趋于及时性、多样化和丰富化。

4. 应急通信指挥的信息处理海量化、指挥决策智能化趋势

为了提升应急决策的科学性和时效性,未来将利用物联网等现场信息采集技术,在不断提升现场通信接入和信息采集能力的基础上,基于云计算和智能信息处理技术进行海量大数据的存储和分析挖掘,实现智能化预测预警、指挥决策和事后评估,是应急通信指挥的重要发展趋势。

9.2 应急通信指挥面临的挑战

随着信息通信技术的快速发展和社会各界对应急通信指挥的高度重视,应急通信指挥手段得到不断丰富,应对突发事件的快速反应能力不断增强,传统被动的“撞击—反

应”式应急处置已逐渐演变为从事前预防到事后处置的全过程应急管理，但在应急实践中，应急通信指挥还面临以下挑战。

1. 公网的通信系统应急保障能力有待加强，专用应急通信技术手段不足

(1) 公网的抗毁能力差

公网对地面固定基础设施的依赖性较大，加上电信运营商在光纤传输与光纤通信网络上的大规模建设与应用，原有的微波或卫星备份传输路由被弱化甚至取消。在遭遇诸如地震、洪水等重大自然灾害时，容易对基础设施造成直接破坏，导致局部或大面积通信中断。当突发事件发生时，瞬时剧增的通信业务量会造成网络拥塞，导致通信中断，甚至使整个系统瘫痪。

(2) 公网的优先服务能力不强

公网对签约用户没有区分优先级，重要用户不具有优先权。在突发事件发生导致网络拥塞时，移动通信网络接通率大幅下降，特别是现场指挥人员、单兵等重要用户的通信得不到保障，直接影响应急通信指挥的时效性。

(3) 专用通信技术手段缺乏

以卫星通信和集群通信为例，二者是目前我国乃至国际上应急通信的主要手段。对卫星和集群通信技术的拥有和使用情况，反映了一个国家或地区的应急通信的基本水平。我国的卫星通信拥有较丰富的卫星转发器资源，但多种制式并存，每种制式中用户数量少，使用成本高，资源调配困难。我国的集群通信同样存在体制多、互通性差的问题，并主要以窄带语音业务为主，不支持多媒体业务。国外集群通信技术体制开放性差、价格高，相比国外系统，国内的集群系统在关键性能上还存在差距。

另外，由于技术使用的限制，缺少能够在现场快速部署、应对复杂环境的现场单兵自组织应急通信系统。

近几年，我国发生了一系列突发事件，突出表现为波及地域范围广、受影响程度高、参与处置的部门多等特点。特别是在 2008 年中国“5.12”汶川大地震期间，公网大面积损毁，由于交通不便、地形复杂、环境恶劣，备份通信设施不足，公网恢复难度大，专用应急通信指挥技术手段缺乏的问题凸显，应急通信指挥系统一时面临严峻的挑战。

2. 多种通信指挥系统和手段并存，异构互连互通和信息共享难

在突发事件现场，各种专业应急处置部门通过各自专用的通信系统与指挥系统进行垂直指挥，存在技术体制多、建设标准规范不统一、业务互通和信息共享程度低等问题，难以实现不同应急处置部门之间有效的协同指挥和应急联动。

3. 信息安全保障能力弱

目前,我国专用应急通信技术体制多,关键设备仍主要依靠国外体制和产品,如集群通信、卫星通信地面设备等,系统开放性差,不能进行有效的安全加密,难以保障应急处置过程中的一些保密性要求;缺乏具有自主知识产权的技术体制和系统设备,难以实现一体化的信息安全保障。

特别是随着核心网、接入网的IP化,传统互联网上的网络威胁也将逐步向其他公网和专网渗透,信息安全将更容易受到威胁。

4. 资源的利用率不高,还不能充分体现“平灾兼顾”

专用应急通信手段数量少、分布散。在突发事件发生时,公网和行业专网等日常使用的网络资源难以发挥有效作用,尚未形成高效的面向应急管理的共用共享模式。

如本书第1章所述,“在专网的公益性和经济性之间存在矛盾性,不可能建设一个大而全的专网应急通信系统。公网提供通信系统的应急保障,在公益性和商业性之间存在矛盾性,不可以完全依赖公网进行应急处置。”因此,公网与专网的平衡性与协同优化问题将长期存在。

5. 突发事件预测预警

突发事件在发生的时间、地域、事件类型、影响程度等方面往往难以预测,特别是对于自然灾害,如地震、海啸等,灾害发生后的预警难免存在盲漏误报,而灾害发生前的预测仍是世界难题。

另外,以人为主的社会安全事件已成为当前影响社会稳定和制约经济发展的重要因素。因此,面向社会安全事件的网络信息分析及态势预测,是应急通信指挥面临的重要挑战之一。

6. 非政府组织和政府间的协同问题

随着我国向公民社会的演进,NGO参与社会管理的主动性越来越高。在应对突发事件过程中,NGO已成为不可忽视的应急救援力量,是政府组织灾害救助的合作伙伴和重要补充。例如,在2008年中国“5.12”汶川大地震灾害救助过程中,奔赴四川一线参与救灾的民间组织有300多家,介入的志愿者更达到300万人左右^[1]。再如,在北京“7.21”特大暴雨期间,全市各级共青团组织、志愿者组织,累计组织发动志愿者超过1.2万人次,累计服务超过10万小时。

但是,NGO属于民间自发的团体组织,当前我国政府对其缺少有效的管理与指挥机制。NGO不规范的发展空间和应急救援参与能力,会影响政府组织实施应急救援的效率。例如,中国“4.20”雅安芦山地震发生6天后,除了官方救援队伍外,在救灾现

场,还出现了不少民间组织的救援人员。过多的民间救援组织进入灾区,造成道路拥堵、占用资源的局面。一些缺乏专业训练的民间救援人员,不仅没有能力救助受灾群众,反而成为需要照顾的人员。可见,民间组织如何与政府部门协调,最大程度地提高救援的效率,成为救灾时面临的重要挑战。

7. 社会舆论可能导致舆论危及并衍生严重的社会问题

社会舆论(Public Opinion, PO)主要是指公众借助互联网,对社会公共事务特别是社会热点焦点问题所表现出来的有一定影响力、带倾向性的意见或言论。从突发事件发生后的时间角度,社会舆论的产生具有一定规律性:事发12小时内,社会舆论集中向事发地传递“正能量”;事发超过12小时,有关舆论即由地区性局部话题转向区域性甚至全国性的热点话题,其中的非理性舆论可能导致舆论危及并衍生其他的社会问题。

例如,美国当地时间2013年4月15日,波士顿遭遇严重爆炸事件,造成百余人伤亡。波士顿马拉松爆炸事件折射出社交媒体两面性。Twitter很快就发出了有关此次爆炸的消息,并成为波士顿警方和马拉松赛组织者等公共机构的有效沟通工具。但市场研究公司Opus Research高级分析师格雷格·斯特灵(Greg Sterling)指出,社交媒体上的信息同样值得质疑,有些甚至完全不实。这是一把双刃剑,斯特灵说,“既可以加快信息的获取速度,但也可能煽动公众情绪。”波士顿警察局的Twitter账号显示出社交媒体的积极面。在爆炸发生后,该账号一直在不停发布相关信息,包括逃生和救援指导。但同样也出现了很多误导性的信息。事件发生后,Twitter上很快传出了警方关闭手机服务,避免远程引爆的消息,但这条消息最终被证伪。业内人士发现,在事件发生后,随着时间的推移,它的价值也在降低。“Twitter在灾难发生后的头五分钟效果最好,但12小时后效果最差。”^[4]事发12小时后,舆论热议嫌犯是否和国际恐怖组织有关、合法移民犯罪等。

对于我国社会舆论管理,当前主要存在的问题包括:信息的过度控制,导致各种舆论泛滥;应急准备不足,对突发事件响应速度慢;舆论监测分析手段落后;主流媒体在网络空间的引导缺位等。

9.3 应急通信指挥系统的发展展望

应急通信指挥水平是一个国家应对突发事件反应能力的重要标志之一。针对各类突发事件的复杂程度更高、牵涉面更广泛、处置的难度日益增加的发展趋势和应急通信指挥系统存在的技术挑战,我们认为今后应重点解决以下关键问题。

1. 平灾兼顾、公网和专网协同,构建多元化、互连互通与协同的应急通信指挥系统

由于公网重点是满足广大公众日常通信的需求,具有网络容量大、覆盖范围广的特

点,但其对地面建筑等固定基础设施依赖较大,在抗毁性、快速恢复和优先权支持等方面能力较弱;而专用应急通信手段则更注重机动性、复杂环境的适应性和具有优先权控制的指挥调度能力。二者具有很强的互补性,难以互相替代。因此,平灾兼顾、公网和专网协同发展,建立多元化、协调统一的应急通信网络系统,对于提高网络资源利用率、及时有效地应对各类突发事件具有决定性的作用。

首先,随着网络的演进,应不断提高和完善公网的应急能力,使之具备在突发事件中更强的生存能力和优先权控制、网络拥塞处理能力。

其次,专用应急通信手段在应急指挥中仍将发挥核心作用。技术体制趋向统一化,使之具有更好的开放性和互通能力;业务宽带多媒体化,使之具有更强的业务提供能力;共网模式、大覆盖,充分体现“平灾兼顾”的思想。

另外,研发系留气球、动力飞艇等专用浮空平台技术,通过携带多种专用应急通信设备,可在紧急情况下替代损毁的地面通信设备,实现临时的通信恢复、信息采集、目标跟踪等应用。

对于多元化应急通信指挥系统,需要统一的技术标准和共用软件进行综合集成,实现跨部门、跨系统、跨应急指挥业务的互连互通与协同。

2. 促进信息通信新技术在应急通信指挥中的应用

信息通信新技术在应急通信中具有广阔的应用前景^{[3][4]}。

基于自组织网络技术的宽带无线中继通信可以快速建立区域通信网络,其自组织、自愈合、抗毁能力强,适合特殊环境下的网络快速部署。

基于无线传感网络可形成信息采集、分析和预警体系,对现场环境进行多元化信息采集和报送,对突发事件的发展态势进行动态预测。

TD-LTE 宽带无线接入技术具有自主研发、容量大、业务提供能力强的优势,适用于现场宽带接入和多媒体可视化指挥调度。

基于云计算技术,可极大增强对数据的存储和处理能力,提升在风险分析、监测监控、预测预警、动态决策等方面的智能决策指挥能力。

通过移动互联网,可提供随时、随地、随身的移动化应急通信指挥服务,增强信息提供与发布能力。

卫星移动通信系统可以实现地面网络无法达到的广域无缝覆盖,具有全球性、移动性和抗毁性等特点,在平时,卫星移动通信可以作为其他地面网络的延伸和补充,当地震、洪水等重大突发事件发生,地面通信系统无法正常工作时,卫星移动通信是应急通信最有效的手段之一。

另外,基于升空平台的应急通信系统,具有机动灵活、部署快、覆盖范围大等特点,是较大范围区域网络快速恢复和部署的重要手段之一。

可见,随着射频识别、红外感应、卫星定位、激光扫描和视频监控等现场信息采集手段的不断丰富,以及无线自组织网络、宽带无线移动集群、卫星等多种网络的异构互连互通技术的发展,将应急体系建成一个具有强大的信息采集和通信能力的网络 and 平台已为时不远。此外,利用云计算、智能信息处理等新技术,支撑平台的智能处理与辅助决策,实现政府组织与非政府组织的资源与平台共享以及多元应用的协同化,提升动态监控、风险管理、预警预测、应急决策、指挥调度等应急处置水平。

3. 提升自主创新能力,促进安全与应急系统同步一体化发展

提升自主创新能力是提高应急通信信息安全保障能力的基础和前提,支持和鼓励采用具有我国自主知识产权、安全可控的先进技术,对于提升国内应急通信系统水平和安全保障能力具有重要作用。例如,TD-SCDMA 3G、TD-LTE 4G 是由我国主导的新一代宽带无线移动通信技术体制,具有技术先进和自主可控的特点,经过多年的发展,已经形成了成熟的产业链;基于 TD-LTE 发展宽带数字集群系统,促进自主创新的 TD-LTE 技术在应急通信指挥中的应用是提升应急通信能力和安全保障水平的重要方向,其中的关键是做好顶层设计、标准制定,并规划好 TD-LTE 专网频率资源。再如,卫星通信是应急通信的重要手段,发展具有自主知识产权的卫星地面站设备,增强符合我国国情的小型化车载、便携卫星地面站以及手持卫星电话的国产化能力,研发卫星移动通信技术标准 and 系统设备,摆脱对国外技术体制 and 设备的依赖,也是提升应急通信安全保障能力的重要发展方向。

安全保障系统与应急通信指挥系统同步规划、同步设计、同步建设,促进安全与应急系统同步一体化发展,是应急通信指挥系统建设中应坚持的重要原则之一。

4. 加强对突发事件的应急管理

除了上述信息通信技术手段之外,为提升应急通信指挥能力,还要利用法律、法规等手段加强对突发事件的应急管理。例如:

- 为解决互连互通和信息共享难题,需要在宏观层面建立有效的信息共享机制,解决可能影响信息共享的体制层面的问题,保证异构系统的信息互通与资源共享。
- 为解决突发事件的事前预警预控难题,需要在宏观行政管理层面建立统一协调的预警预控管理体系,如协调机制和协调机构等,及早发现与识别突发事件的征兆,提前或及时通报有关部门,共同制定有效的应对预案,并在第一时间向公众发布避险信息。
- 为解决政府组织与 NGO 志愿者之间的协同难题,政府需要发挥在一线的指挥协调和引导作用,均衡来自民间的救援力量。首先,需要建立信息共享平台;

其次,对民间救援力量统筹协调。另外,民间救援组织应该自发建立平台,整合救援力量,共享优势信息,从而分工有序地进行救援。

5. 正确发挥社会舆论在社会矛盾化解中的作用

在多样性、多元化的网络环境中,对于可能出现的非理性社会舆论,应当在加快建立法律规范、行政监管、行业自律、技术保障相结合的管理体制的同时,加强互联网宣传队伍建设,形成网上正面舆论的强势,例如,一方面对日常舆论宣传,突出社会发展主旋律;另一方面对突发事件报道,加强“第一时间”的信息发布,用客观、公正、翔实的报道先发制人,引导舆论。

另外,及时发现网上苗头性、倾向性舆论动态,准确研判网上舆情发展趋势,主动应对和引导网上舆论,是政府和应急事件处置指挥人员必须掌握的一项基本功。

参 考 文 献

- [1] 林闽钢,战建华.灾害救助中的NGO参与及其管理[J].中国行政管理,2010年,第3期,第98~103页.
- [2] <http://tech.sina.com.cn/i/2013-04-16/13388244644.shtml>,波士顿马拉松爆炸事件折射社交媒体两面性.
- [3] 陈山枝,张雪丽,郑林会,等.基于CNGI的应急联动系统研发及应用试验项目——应急通信前瞻技术研究报告[Z].北京:下一代互联网示范工程2006年产业化及应用试验项目,2008.
- [4] 郑林会,陈山枝,毛旭.突发公共事件应急通信技术及其发展趋势[J].电信技术,2012年,第7期,第47~49页.



附录A 缩略语

1G	1 st Generation Mobile Communication System	第一代移动通信系统
2G	2 nd Generation Mobile Communication System	第二代移动通信系统
3G	3 rd Generation Mobile Communication System	第三代移动通信系统
3GPP	The 3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴项目
4G	4 th Generation Mobile Communication System	第四代移动通信系统

A

ACD	Automatic Call Distributor	智能电话路由排队
ACM	Address Complete Message	地址完成信息
AI	Artificial Intelligence	人工智能
ALI	Automatic Location Identification	自动位置识别
AMC	Adaptive Modulation and Coding	自适应调制编码
ANI	Automatic Number Identification	自动号码识别
ANM	Answer Message	应答消息
AOA	Angle-Of-Arrival	电波到达入射角
ARP	Allocation and Retention Priority	分配和保持优先级
ASF	Advanced Streaming Format	高级串流格式
AVS	Audio Video Standard	音 / 视频编 / 解码标准

B

BGAN	Broadband Global Area Network	宽带全球网
BGCF	Breakout Gateway Control Function	出口网关控制功能
BI	Biological Intelligence	生物智能
BSS	Broadcast Satellite Service	广播卫星业务

C

CA	Carrier Aggregation	载波聚合
CAS	Channel Associated Signaling	随路信令
CBC	Cell Broadcast Center	蜂窝广播中心
CBE	Cell Broadcast Entity	蜂窝广播实体
CBS	Cell Broadcast Service	小区广播业务
CC	Cooperative Communication	协同通信
CCSA	China Communications Standards Association	中国通信标准化协会
CDMA	Code Division Multiple Access	码分多址
CD-ROM	Compact Disc Read Only Memory	光盘只读存储器

Cell-FACH	Cell Forward Access Channel	蜂窝前向接入信道
CELP	Code Excited Linear Predictive Coding	码激励线性预测编码
CI	Computational Intelligence	计算智能
CN	Core Network	核心网
CNGI	China's Next Generation Internet	中国下一代互联网
CoMP	Coordinated Multiple Points	多点协作
CPC	Continuous Packet Connectivity	连续性分组连接
CPG	Call ProGress	呼叫状态
CPU	Central Processing Unit	中央处理器
CR	Cognitive Radio	认知无线电
CRM	Custom Relationship Management	客户管理系统
CTI	Computer Telephony Integration	计算机电话集成
C3	Command Control and Communications	指挥、控制和通信

D

DB	Data Base	数据库
DBA	Data Base Administrator	数据管理员
DBMS	Data Base Management System	数据库管理系统
DBS	Data Base System	数据库系统
DNIS	Dialed Number Identification Service	被呼叫号码识别服务
DSP	Digital Signal Processing	数字信号处理
DTMF	Dual Tone Multi Frequency	双音多频

E

EC	Emergence Communication	应急通信
ECC	Emergency Communication and Command	应急通信指挥
ECRIT	Emergency Context Resolution with Internet Technologies	基于互联网技术的紧急服务内容解析工作组
eNodeB	Evolved Node B	演进型 Node B
EPC	Evolved Packet Core	演进的分组核心网
ETSI	European Technical Standard Institute	欧洲电信标准化协会
EW	Early Warning	早期预警

F

FCC	Federal Communications Commission	美国联邦通信委员会
-----	-----------------------------------	-----------

FEMA	Federal Emergency Management Agency	联邦应急事务管理总署
FSK	Frequency-shift keying	频移键控
FSS	Fixed Satellite Service	固定卫星业务

G

GEO	Geostationary Orbit	地球静止轨道
GETS	Government Emergency Telecommunications Service	政府应急电信业务
GIS	Geographic Information System	地理信息系统
GMSC	Gateway Mobile Switching Center	网关移动交换中心
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
GSM	Global System for Mobile Communications	全球移动通信系统

H

HARQ	Hybrid Automatic Repeat Request	混合自动重传请求
HLR	Home Location Register	归属位置寄存器
HSPA+	High Speed Downlink Packet Access Evolution	演进式 HSPA
HSS	Home Subscriber Server	家乡用户服务器

I

IAM	Initial Address Message	起始地址信息
ICSCF	Interrogating Call Session Control Function	查询呼叫会话控制功能
ICT	Information and Communications Technology	信息通信技术
IDE	Integrated Development Environment	集成开发环境
iDEN	Integrated Digital Enhanced Network	集成数字增强网络
IEC	International Electrotechnical Commission	国际电工委员会
IETF	European Technical Standard Institute	欧洲电信标准化协会
IMS	IP Multimedia Subsystem	IP 多媒体子系统
Inmarsat	International Maritime Satellite	海事卫星
IP	Internet Protocol	网络协议
IPX	Internetwork Packet Exchange protocol	互联分组交换协议
ISDN	Integrated Services Digital Network	综合业务数字网
ISO	International Organization for Standardization	国际标准化组织
IssS	Infrastructure as a Service	基础设施即服务
ISUP	ISDN User Part	ISDN 用户部分

ITU	International Telecommunication Union	国际电信联盟
ITU-D	ITU Telecommunication Development Sector	国际电信联盟电信发展部
ITU-R	ITU Radiocommunication Sector	国际电信联盟无线电通信部
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector	国际电信联盟电信标准部
IVR	Interactive Voice Respond	交互式语音应答
IWF	Interworking Function	互通功能单元
ISM	Industrial Scientific Medical	工业、科学和医用

L

LAN	Local Area Network	局域网
LATA	Local Access Transport Area	本地访问和传输区域
LCR-TDD	Low Chip Rate Time Division Duplex	低码片率时分双工
LEO	Low Earth Orbit	低轨道
LPP	LTE Positioning Protocol	LTE 定位协议
LPPa	LTE Positioning Protocol Annex	LTE 定位协议附件
LTE	Long Term Evolution	长期演进

M

MANET	Mobile Ad Hoc Network	移动自组织网络
MCC	Mission Control Center	任务控制中心
MCU	Multipoint Control Unit	多点控制单元
MC-LCR-TDD	Multi Carrier Low Chip Rate Time Division Duplex	多载波低码片率时分双工
MGCF	Media Gateway Control Function	媒体网关控制功能
MGCP	Media Gateway Control Protocol	媒体网关控制协议
MIMO	Multiple Input Multiple Output	多输入多输出
MME	Mobility Management Entity	移动性管理实体
MRFC	Multimedia Resource Function Controller	多媒体资源控制器
MSS	Mobile Satellite Service	移动卫星业务
MTC	Machine Type Communication	机器型通信
MTP	Media Transfer Protocol	媒体传输协议
MUX	Multiplexer	复用器

N

NGO	Non-government organization	非政府组织
-----	-----------------------------	-------

NP	Number Portability	号码携带
----	--------------------	------

O

OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	正交频分复用
------	--------------------------------------------	--------

P

PaaS	Platform as a Service	平台即服务
PBX	Private Branch Exchange	用户交换机, 也称程控交换机
PCSCF	Proxy Call Session Control Function	代理呼叫会话控制功能
PDA	Personal Digital Assistant	个人数字助理
PDF	Policy Decision Function	策略抉择功能
PDT	Portable Data Terminal	移动数据采集终端
PLMN	Public Land Mobile Network	公众移动通信网
PO	Public Opinion	社会舆论
PoC	PTT over Cellular	蜂窝网中的 P 一键通
POTS	Plain Old Telephone Service	普通老式电话业务
PPDR	Public Protection and Disaster Relief	公共保护与抢险救灾
PSTN	Public Switched Telephone Network	公众电话交换网
PTT	Push-to-Talk	一键通
PVP	Police Voice Portal	警用话音门户

Q

QAM	Quadrature Amplitude Modulation	正交振幅调制
QoS	Quality of Service	服务质量

R

RAN	Radio Access Network	无线接入网
RFID	Radio Frequency Identification	射频识别
RNC	Radio Network Controller	无线网络控制器


S

SaaS	Software as a Service	软件即服务
SCSCF	Serving Call Session Control Function	服务呼叫会话控制功能
SDK	Software Development Kit	软件开发工具包

SIP	Session Initiation Protocol	会话初始协议
SPX	Sequenced Packet Exchange protocol	序列分组交换协议
S-GW	Signaling Gateway	信令网关
T		
TCP	Transmission Control Protocol	传输控制协议
TDM	Time-Division Multiplexing	时分复用
TDOA	Time-Difference-Of-Arrival	到达时间差
TDR	Telecommunication for Disaster Relief	减灾通信
TD-HSDPA	Time Division High Speed Downlink Packet Access	时分高速下行分组接入
TD-HSUPA	Time Division High Speed Uplink Packet Access	时分高速上行分组接入
TD-LTE	Time Division Long Term Evolution	时分长期演进
TD-MBMS	Time Division Multimedia Broadcast and Multicast Service	时分多媒体组播与广播业务
TD-SCDMA	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access	时分同步码分多址
TETRA	Terrestrial Trunked Radio	陆地集群无线电
TOA	Time-Of-Arrival	到达时间
TOF	Time-Of-Flight	飞行时间
TR	Trunking Communication	集群通信
U		
UE	User Equipment	用户设备
UPS	Uninterruptible Power System	不间断电源系统
V		
VAD	Voice Activity Detector	语音活动性检测
VCD	Video Compact Disc	视频压缩盘片
VCS	Video Conference System	视频会议系统
VLR	Visitor Location Register	拜访位置寄存器
VoIP	Voice over Internet Protocol	网络电话
VPN	Virtual Private Network	虚拟专用网络
VSAT	Very Small Aperture Terminal	甚小口径终端

W

WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access	宽带码分多址
WiFi	Wireless Fidelity	无线保真
WMV	Windows Media Video windows	流媒体
WPAN	Wireless Personal Area Network	无线个域网
WPS	Wireless Priority Service	无线优先业务
WSN	Wireless Sensor Network	无线传感网络



附录 B 标准和中国法规

B1 ITU 应急通信标准

序号	ITU-T 关于应急通信的主要标准
1	E. 106 用于赈灾行动的国际应急优先方案 (International Emergency Preference Scheme, IEPS)
2	E. 107 ETS 和各国实施 ETS 的互连互通框架
3	E. 123 修正案 1 国际 / 国内电话号码、E-mail 地址及 Web 地址的号码: 应急情况下的移动电话联系方式
4	E. 161.1 公用通信网中选择应急呼叫号码的指导方针
5	E. ABC 陆地移动预警广播功能
6	E. TDR TDR 实施框架
7	H. 246 修正案 1 用户优先级别和 H. 225 与 ISUP 之间呼叫始发国家/国际网络的映射
8	H. 460.4 呼叫优先指定和 H. 323 优先呼叫的呼叫始发识别国家/国际网络
9	J. 260 在 IP-Cablecom 网络上进行应急/灾害通信的要求
10	J. 261 在 IP-Cablecom 和 IP-Cablecom2 网络中实现优先通信的框架
11	J. 262 在 IP-Cablecom2 网络上实现优先通信身份认证的规范
12	J. 263 在 IP-Cablecom2 网络上实现优先通信次序的规范
13	Q 系列建议书的新的增补草案 TRQ. ETS 在 IP 网络中支持应急通信业务的信令要求和 TRQ. TDR 在 IP 网络中支持赈灾通信的信令要求
14	X. 1303 通用预警协议 (Common Alerting Protocol, CAP) 版本 1.1
15	Y. 1271 在不断演进的电路交换和分组交换网络上进行应急通信的网络要求和能力框架
16	Y. 2205 下一代网络应急通信技术问题

序号	ITU-R 关于应急通信的主要标准
1	BT. 1774 公共预警、减灾和救援中卫星和地面广播设施的使用
2	F. 1105 减灾救援使用的可移动的固定无线电设备
3	M. 693 使用数字选择性呼叫指示应急位置的 VHF 无线电信标的技术特性
4	M. 1042 业余业务和卫星业余业务中的灾害通信
5	M. 1467 A2 海域和 NAVTEX 范围的预测及 A2 全球水上遇险和安全系统的搜救监测频道的保护
6	M. 1637 在应急与救灾情况下, 无线电通信设备在全球范围的跨边界流通
7	M. 2033 用户保护公众和救灾的无线电通信的目标和要求
8	S. 1001 在自然灾害和类似突发事件中用于预警和救援的卫星固定业务

B2 ETSI 应急通信标准

序号	ETSI 关于应急通信的主要标准
1	SR 002 777 紧急呼叫的测试和验证程序
2	TR 102 180 紧急情况下公众与政府/机构通信的基本需求
3	TR 102 299 欧洲管理的紧急通信文本与定位信息采集
4	TR 102 444 短消息和小区广播业务用于紧急信息应用的分析
5	TR 102 445 应急通信网络恢复与准备综述
6	TR 102 476 紧急呼叫与 VoIP
7	TR 102 850 用于公共预警系统的移动设备功能分析
8	TS 102 181 突发事件下政府/机构之间的通信需求
9	TS 102 182 突发事件中政府/机构到公众的通信需求
10	TS 102 410 突发事件中公众之间以及公众和政府之间的通信需求
11	TS 102 900 采用小区广播业务的欧洲公共报警系统

B3 IETF 应急通信标准

序号	IETF 关于应急通信的主要标准
1	RFC 5012 基于互联网技术的应急服务需求
2	RFC 5031 应用于紧急呼叫业务和其他业务的统一资源名称
3	RFC 5069 紧急呼叫标识与路由寻址的安全威胁和需求
4	RFC 5222 定位业务转换协议
5	RFC 5223 使用动态主机配置协议识别定位业务转换服务器

B4 ATIS 应急通信标准

序号	ATIS 关于应急通信的主要标准
1	紧急业务和紧急业务网络（ESNet）的接口标准
2	紧急业务信息接口支持未来向下一个紧急业务网络发展的方向
3	RNA（Routing Number Authority）传送紧急呼叫
4	NGN（IMS）紧急呼叫处理
5	下一代紧急业务定位标准
6	支持对语音和非语音的紧急呼叫的定位识别和回复能力

B5 中国应急通信标准

序号	CCSA 关于应急通信的主要标准
1	国家应急通信综合体系和相应标准体系的研究
2	公用通信网支持应急通信的业务要求
3	公用 IP 网支持紧急呼叫的技术要求
4	NGN 架构下支持紧急呼叫的技术要求
5	公用通信网间紧急特种业务呼叫的路由和技术实现要求
6	基于 GSM 技术的数字集群通信系统总体技术要求
7	基于 CDMA 技术的数字集群通信系统总体技术要求
8	数字集群通信系统体制
9	卫星应急无线电示位标性能要求
10	应急公益短消息服务方案和流程研究
11	不同突发事件下的应急通信基本业务要求
12	卫星通信系统支持应急通信的通用技术要求
13	自组织网络支持应急通信的架构和标准化需求研究

B6 中国应急相关法规

时 间	应急通信指挥相关法案	应 急 应 用
1991 年 (2005 年修订)	中华人民共和国防汛条例	明确对防汛抗洪活动的组织、准备、实施、善后和奖惩等
1998 年	中华人民共和国防洪法	明确洪水灾害的预警、识别、应急和灾后恢复各阶段的运作流程和各部门职责等
1999 年	中华人民共和国气象法	对气象探测、预报、服务和气象灾害防御等的规定等
2006 年	国家突发公共事件总体应急预案	规定了突发公共事件分级分类和预案框架体系等
2006 年	国家突发地质灾害应急预案	高效有序地做好突发地质灾害应急防治工作
2007 年	中华人民共和国突发事件应对法	突发事件的预防与应急准备、监测与预警、应急处置与救援、事后恢复与重建等
2011 年修订	国家通信保障应急预案	建立健全国家通信保障应急工作机制，满足突发情况下通信保障工作需要，确保通信安全畅通
2011 年修订	国家自然灾害救助应急预案	建立健全应对突发重大自然灾害救助体系和运行机制，规范紧急救助行为，提高应急救援能力

后 记

应急通信是管理学、社会学、信息学等多学科交叉的综合性学科。当前，突发事件给社会发展和公共安全带来了严峻挑战，对政府应急处置部门和公众的应急能力提出了更加迫切

写一本令自己满意的书很难，写一本要让读者满意并有收获的书更难，写一本有特色能再版的经典专业书难上加难！

汶川大地震，使本人倍感应急通信指挥在抢险救灾的巨大作用。五年前，基于本人所承担的国家 CNGI 和国家自然科学基金等相关科研成果，以及所在单位从事的应急通信等研发与产业实践，本人开始构思《应急通信指挥——技术、系统与应用》一书。虽然有过去的研究基础，但由于“应急通信指挥”是一个跨学科、跨领域的技术大集成，涉及技术广，既想要专业，又想通俗易懂，实在是一个巨大的挑战；既要多种知识融会贯通，又要有系统性、逻辑性、前瞻性；既要严谨认真的学术态度去写作，又要时间和精力的付出。从构思本书的主线、合理的章节结构，收集与分析各种参考材料，中间断断续续，走走停停，停停走走。

一年多前，找到三位志同道合的本书编著合作者，开始了执笔写作的过程，从确定章节提纲，到分工合作、汇总整理，中间数次交流，几易其稿。既要体现作者在应急通信指挥的最新研究成果，又借鉴他人的最新研究成果；既要概念严谨、逻辑清晰，又要表达精练、简明、通俗；既要阐述技术原理，又不能深陷技术细节；既要高度概括，又要有所侧重。字斟句酌，反复推敲。唯有坚持不懈的信念支撑，才有本书的面世。也许有人认为本书专业性强，读者群体相对小众，我对本书写作的要求过高。我只是希望本书经得起读者推敲和时间考验。本书付梓时，总觉得仍有些内容可以更完善。希望有再版机会时，再圆上遗憾。

在书稿即将交付之际，我国四川雅安市芦山县发生了 7.0 级地震，逾百人罹难，数千人受伤。此次大地震也唤起了我心中对五年前汶川大地震的痛苦回忆，在那次地震中近七万人死亡，震中距芦山县仅有一百多千米。就像在冥冥之中，上苍在鞭策我完善此书、催促我交付此书。

谨以此书献给灾难中死难同胞、幸存者和参与抗震救灾的英雄们，也祝愿我们历经磨难的伟大民族将走向繁荣富强。希望本书的出版，对提升和发展我国应急通信指挥的技术研究、系统开发、实践应用具有一定借鉴与推动作用，为保障人民安居乐业、圆中华民族伟大复兴生活的“中国梦”贡献我们的微薄力量。

衷心感谢在本书撰写过程中，对书稿给予帮助和支持的各位同事、专家们。特别感谢邬贺铨院士为本书作序，宋梅编辑的耐心及细致的工作。

还要感谢三位编著合作者对我高标准、严要求的认真执着态度的理解与支持，不厌其烦地一起讨论修改，一起磨练意志，共同走过的痛苦与快乐并存的创作历程。

最后感谢我们四位作者的家人的理解与支持，在过去的许多个周末与夜晚，无法陪伴在你们左右。本书出版是对我们付出的肯定，也是对你们最好的谢意。感谢我的儿子陈浚喆，他对未知世界的好奇求知与积极尝试的童心，让我反思自己的心态，重新认识自我，鼓励我发掘潜能。

陈山枝

2013年5月4日于北京世纪城远大园